CONOSCENZE ELEMENTARI

DI

FISICA E CHIMICA

Conoscenze Elementari
DI
FISICA E CHIMICA

COMPILATE
PER UN CORSO D'INSEGNAMENTO
da
Francesco Savº Scarpati

VOL. I.

NAPOLI,
Dalla Tipografia del Tasso
1839.

Lo studio della fisica e della chimica non è più oggetto di vaga speculazione, o d'interesse esclusivo di pochi, come da taluni si è creduto; ma è da considerarsi come la cagione principale dagli avvanzamenti dell'industria manifattrice e agricola. A comprovar ciò basta considerare come han progredito le arti e l'industria dietro che le scoverte fisiche e chimiche si sono moltiplicate; e dopo che uomini distinti per cuore e per mente si sono occupati delle applicazioni delle scientiche verità rinvenute. Oltre a ciò le conoscenze fisiche e chimiche somministrano il più delle volte argomenti solidissimi alle quistioni del foro, e non v' ha dubbio che dalle conoscenze de' fenomeni naturali, e di tutto ciò che nel sistema mondiale si

**

osserva, e del modo come questi avvengono si può arguire dell'immensa grandezza e sapienza del Creatore.

Essendo io incaricato di dettare lezioni di fisica e di chimica mi sono perciò ingegnato coordinarne gli elementi in modo da esporli in un solo corso, sì per esser convinto dell'intimità di relazione tra loro, come pure perchè a questo modo lo studio di tali scienze riesce più agevole e più breve, come mi ha dimostrato l'esperienza di diversi anni.

Per l'ordine poi che ho tenuto nel trattare le materie ho fatto precedere lo studio dell'aria e de'fluidi imponderabili, onde poter dimostrare la loro influenza in una infinità di fatti che dovranno essere esposti in seguito, e per anticipare la descrizione, e il maneggio di taluni strumenti indispensabili nella maggior parte delle ricerche.

Nelle teoriche elettriche mi sono alquanto disteso, sì per far conoscere le relazioni di somiglianza tra questo agente e gli altri fluidi imponderabili, come pure per dimostrare la sua influenza in una immensità di fenomeni sì naturali che artificiali.

Nella compilazione di questi elementi ho raccolto da Autori più accreditati diversi articoli che ho creduto più utili per una istituzione elementare, essendo intimamente persuaso che non avrei potuto esporre meglio la cosa.

Deggio, mio malgrado, avvertire in fine che sono corsi taluni errori in certi fogli stampati nella mia assenza da Napoli, che però l'emenda si troverà per la maggior parte segnata in una errata posta in fine del volume.

INTRODUZIONE

La Scienza Naturale ovvero il complesso delle nostre conoscenze sulla natura dividesi in Istoria Naturale e in Fisica.

La Storia naturale si occupa de'caratteri spettanti agli esseri naturali individualmente, e del posto che ciascuno di essi occupa nell'immensa catena degli esseri, non che dello sviluppo delle funzioni spettanti a ciascuno individuo, o a ciascun gruppo sotto l'influenza degli agenti esteriori. Essa dividesi in mineralogia, botanica, e zoologia, secondochè si occupa di esseri inorganici, o più o meno organizzati.

La Fisica si occupa delle proprietà de'corpi, dell'esa-

me de'fenomeni che essi ci presentano, della valutazione delle cagioni da cui vengono prodotti, e del modo come queste agiscono, deducendone utili applicazioni per gli usi della vita. Essa però se si limita alla considerazione dei corpi esteriormente e delle forze che agiscono sulle grandi masse a distanze più o meno considerevoli distinguesi col nome di Fisica-meccanica; se poi imprende a trattare le proprietà spettanti alle molecole della materia e le forze che su di essa hanno azione prende il nome di Fisico-chimica. Oltre a che siccome le forze naturali possono agire sulla natura inorganica, e sulla natura organica, così ne avviene la distinzione in Fisica inorganica e in Fisica organica.

In realtà tutte le scienze naturali non formano che un sol corpo di dottrine, la cui estensione essendo vastissima e immense le sue applicazioni, perciò li si è data una certa ripartizione, onde ciascuno potesse approfondire quella parte che più gli aggrada o che fa più al suo bisogno; il che non permette però che ciascuna di esse possa essere studiata regolarmente essendo nudo perfettamente di ogni conoscenza delle altre, o almeno di quella con cui le relazioni sono più intime. Questo bisogno dietro le tante scoverte si è dimostrato più patente, perchè maggiormente si sono svelate le loro intime relazioni, e conosciuti gl'infiniti punti di contatto; talmentechè ora più difficile riesce assegnare i limiti di ciascuna. La fisica e la chimica si trovano particolarmente in questa circostanza. Di fatti per lungo tempo si è creduto che la fisica dovesse occuparsi esclusivamante dell'azione esercitata tra i corpi a distanze più o meno significanti, e la chimica di quella che si manifesta col contatto, o tutto al più a distanze imper-

cettibili; ma nel fatto questa distinzione non è più ammessa: così i fenomeni capillari fanno parte dello studio della fisica, tuttoche essi risultino dall'azione prodotta dal contatto de'liquidi con i solidi. Lo studio degli imponderabili non ostante che sia del patrimonio della fisica, pure non si può dare spiegazione alla maggior parte de'fenomeni chimici escludendo la loro influenza, essendoci noto da fatti che nelle combinazioni, nel contatto, nella fusione, nel cambiamento di temperatura tra le parti di un corpo si ha sviluppo di elettricità.

Il metodo a seguirsi nello studio delle scienze fisiche ci fu dettato dal sommo Bacone il quale ci fe'conoscere dover essere l'uomo il seguace e l'interprete della natura, dandoci la via la più sicura per progredire nelle scoverte ch'è quella di contemplarla e di imitarne i processi raccogliendo fatti positivi, e in mancanza di ciò ricorrere all'analogia; onde decidere per induzioni più o meno probabili dell'identità delle cause, riguardando per altro questi ultimi risultati come approssimativi; e possiamo convenire che l'osservazione, la sperienza e l'analogia, affiancati dal calcolo, hanno condotte le scienze fisiche a quell'ingrandimento in cui si trovano.

L'osservazione, che consiste a studiare i fenomeni come ci si presentano naturalmente, è la via che con più difficoltà conduce alla scoverta delle leggi da cui sono regolati, perchè ci presenta i fenomeni per lo più complicati. L'esperienza, potendo il più delle volte, per quanto è possibile isolare ciascuna coppia di cause e di effetti è d'immenso soccorso ai fisici; ma disgraziatamente questa non si può mettere ad effetto in tutte le circostanze, perciò in mancanza dell'esperienza si ricorre

all'analogia, per poter decidere con induzioni più o meno probabili dell'identità delle cagioni.

Qualora la legge trovata mercè l'esperienza può tradursi in numeri vi si applica il calcolo, e allora dall'analisi matematica si hanno tutte le conseguenze che si possono ricavare da questa legge, supposta reale. La concordanza tra i risultamenti somministrati dall'osservazione e dall'esperienza, con quei ricavati dal calcolo è una pruova in favore della legge supposta, la quale non si può riguardare come esatta se non dopo diverse verifiche.

L'enunciazione di questa legge collo sviluppo ragionato di tutte le sue conseguenze costituiscono la spiegazione dei fenomeni che ne dipendono, e questa spiegazione prende il nome di teorica; perciò per teorica fisica devesi intendere l'insieme delle leggi mediante le quali si giunge a dimostrare la dipendenza che vi è tra gli effetti e le cagioni di una data classe di fenomeni.

La fisica, e particolarmente la fisica meccanica ha acquistato a dì nostri un attacco intimo con le matematiche; ma siccome una espressione rigorosamente matematica riuscirebbe bastantemente difficile per un insegnamento elementare, perciò si evita il più che si può prendendo per guida l'esperienza.

INDICE

DE' CAPITOLI CONTENUTI IN QUESTO PRIMO VOLUME

LIBRO PRIMO

LIBRO SECONDO

FINE DELL' INDICE

LIBRO PRIMO.

PROPRIETÀ GENERALI DEI CORPI

MOVIMENTO, EQUILIBRIO, FORZE MOTRICI.

CAPITOLO I.

DEI CORPI E DELLE LORO PROPRIETÀ GENERALI.

1. Per corpo s'intende dai fisici tutto ciò che fa impressione su i nostri sensi.

Le sensazioni prodotte dai corpi sono dovute alle proprietà appartenenti ai medesimi. Queste sensazioni essendo varie perciò varie sono le proprietà. Alcune di esse, perchè appartengono a tutt'i corpi, sono dette proprietà generali; altre perchè riguardano più un corpo che un'altro, sono chiamate proprietà particolari. Fra le prime sono da annoverarsi *l'estensione*, *l'impenetrabilità*, *la porosità*, *la divisibilità* ec. e di queste l'estensione e l'impenetrabilità sono proprietà, dalle quali possono farsi dipendere le altre, e perciò la maggior parte dei Fisici le hanno riguardate come proprietà essenziali. Tra le seconde sono da distinguersi *gli odori*, *i colori*, *i sapori*,

l'opacità, la trasparenza, la splendidezza, la durezza, la malleabilità, la frangibilità, ec.

2. *Estensione*. Dell'estensione de'corpi siamo assicurati dalla vista e dal tatto. Di fatti allorchè guardiamo o tocchiamo un corpo scorrendo per tutt'i suoi limiti osserviamo una continuazione e distinzione di parti, che occupano uno spazio determinato in lunghezza, larghezza e profondità. In ciò consiste propriamente l'idea dell'estensione.

L'estensione de'corpi, considerata nella diversa disposizione delle sue parti, ci dà la figurabilità, che può variare all'infinito nei diversi corpi, e può fornire de'caratteri di distinzione nei medesimi. Considerata relativamente alla grandezza nelle tre dimensioni lunghezza, larghezza, e profondità, ciò che i Geometri chiamano solidità, si ha il volume del corpo; perciò per figura di un corpo s'intende l'esteriore apparenza che risulta dalla diversa disposizione delle sue parti; e per volume l'estensione in lunghezza, larghezza, e profondità.

Il determinare l'estensione e precisare il volume de'corpi spetta alla Geometria; nelle opere di Meccanica applicata si trovano descritti diversi apparecchi per mezzo de'quali si possono valutare le differenze esilissime nell'estensione, come sono *la vite*, *il comparatore*, *lo sferometro ec.*

3. *Impenetrabilità*. Due corpi non possono occupare contemporaneamente lo stesso spazio. Contro questa generale proprietà dei corpi non poche objezioni han fatto i Filosofi; alcuni la negarono ai fluidi e particolarmente alla luce. Di fatti il nostro P. Cavallo nella sua meccanica stabilisce la seguente proposizione fondamentale: *Tutt'i corpi sono impenetrabili fuorchè la luce*; altri giunsero a negarla anche ai solidi. La proprietà che hanno alcuni corpi di poter trasmettere la luce non può essere addotta in comprova, poichè questo non solo dipende dalla natura di questi corpi, e da una particolare disposizione delle loro molecole, e levigatezza delle loro superficie, ma ancora dalla tenuità delle particelle della luce, che attraversano questi corpi, come fa l'acqua per la carta sugan-

te. Le diverse proprietà della luce, che svilupperemo a suo luogo, daranno maggiori pruove su questo.

L'impenetrabilità dell'aria può essere dimostrata per mezzo dell'apparecchio di Mariotte usato per provare la sua elasticità; ma il seguente sperimento può riuscire più convincente e facile ad essere ripetuto da chicchessia. Se s'immerge verticalmente un bicchiere colla bocca in basso in una vasca di acqua; si osserva che la superficie dell'acqua racchiusa dall'orlo del bicchiere si abbassa a misura che si comprime questo nell'acqua, ma l'acqua non giunge mai nel fondo del bicchiere, per l'impenetrabilità dell'aria che vi è racchiusa.

Il restringimento che si ha dall'unione di due liquidi come l'acqua e l'acido solforico, l'acqua e l'alcool ec. non è prodotto dalla penetrazione scambievole di questi liquidi, ma è il risultamento della combinazione, acquistando il composto una densità maggiore della densità media de' componenti a discapito della porosità, e col restringimento di volume.

L'introduzione di un corpo solido in un liquido, ed anche in un solido non è da considerarsi come pruova in opposizione all'impenetrabilità; giacchè un corpo non fa che scacciare, o restringere lateralmente le particelle dell'altro corpo.

4. *Porosità*. L'espressione adottata nell'estensione di continuazione e distinzione di parti, devesi intendere non un attacco perfetto delle parti senza alcun punto d'interruzione; giacchè i corpi anche i più densi sono crivellati nel loro interno, ed offrono chi più, chi meno degli spazi per lo più occupati dall'aria, o da un liquido, che diconsi pori; i quali variano nella grandezza, e forse anche nel numero, dando sotto lo stesso volume una diversa quantità materiale, che chiamasi massa del corpo; dal che ne risultano le varie densità.

La porosità può ravvisarsi in una laminetta sottilissima di legno tagliata in direzione verticale alla direzione delle fibre; particolarmente allorchè si osserva a traverso della luce. Il legno non diseccato manifesta dell'acqua nella sua superficie, allorchè si comprime, che stava rinchiusa nei suoi pori. Il

mercurio rinchiuso in una borsetta di pelle scappa attraverso dei pori di questa, allorchè si preme. In molti fossili si ravvisano dei pori anche ad occhio nudo; come nel tufo, e nella pomice. Newton rapporta un esperimento eseguito su di una specie di agata semi-trasparente, la quale immersa nell'acqua l'assorbiva e tramandava una quantità di bollicine di aria che stavano rinchiuse ne' suoi pori, satura che n'era, diveniva trasparentissima aumentando sensibilmente il suo peso; che perciò la chiamò diafana (1); diseccata diveniva nuovamente semitrasparente, e perdeva il dippiù di peso acquistato. Lo zucchero in pane messo nell' acqua si ricopre di una quantità di piccole bollicine di aria che rattrovavasi ne'suoi pori, la quale n'è discacciata dall'acqua. In seguito avremo un altra quantità di fatti onde dimostrare la porosità dei corpi anche i più compatti.

La traspirazione degli animali e dei vegetabili tanto sensibile, che insensibile ci dà piena dimostrazione che la loro cute è crivellata di pori; e dagli sperimenti di Santorio istituiti sulla propria persona conosciamo che la sola traspirazione compresavi la polmonare, che si fa per aspirazione, corrisponde a circa $^5/_8$ del nutrimento introdotto, potendo questa variare secondo l'età, il temperamento ec. Nei vegetabili non solo la traspirazione, ma ancora l'assorbimento dimostrano l'esistenza de'pori. Di fatti dagli sperimenti istituiti da Hales, Duhamel, Senebier, Guittard, Miller ed altri, si scorge ad evidenza che le piante non solo succhiano il loro nutrimento dalle radici, ma da tutte le parti tenere de'vegetabili, e che la loro traspirazione dietro i risultamenti di Senebier corrisponde a circa $^2/_3$ dell'acqua assorbita.

5. *Divisibilità*. Risultando la totalità di un corpo dalla riunione delle sue parti, perciò la separazione dà la divisibilità. Trascurando la puerile quistione senza effetto, che per tanto tempo ha agitato i Fisici, cioè se questa divisibilità sia limi-

(1) Opticæ lucis lib. II. pars 3.ª prop. 3.ª

tata o indefinita, e gli argomenti prodotti da' partigiani rispettivi per convalidare il loro assunto, ci limitiamo ad esporre i risultamenti dell'esame de'corpi a questo riguardo, che hanno rischiarato una quantità di fatti che prima erano inesplicabili. Tale esame ci porta a conchiudere che la divisione nei corpi può progredire tant'oltre da fare stordire la nostra immaginazione. Ordinariamente i Fisici per provare ciò si servono o de'corpi colorati, o degli aromatici. Di fatti si sa che un solo granello di carminio è atto a colorare al di là di 40 libbre di acqua, la quale quantità divisa in piccole gocce, si può osservare in ciascuna di esse la materia calorante. Un granello di muschio posto in un appartamento è sufficiente a spargere un forte odore nell'aria che vi è racchiusa, e questo per lungo tempo; perciò ogni particella di aria che è stata nell'appartamento deve contenerne una tenue quantità atta a vellicare i nervi olfattorj. Le divisioni eseguite con mezzi meccanici, come sarebbero mortajo, macinello, lima ec. La distensione dei metalli duttili e malleabili, e precisamente quelli, che godono di questa proprietà in alto grado, sono capaci di offrire una estensione prodigiosa, e quindi una estesissima divisibilità. Così le foglie di oro ridotte a tale tenuità, che ogni piccolo soffio le fa svolazzare; ed i fili di platino e di oro portati a tale sottigliezza mediante il processo ideato dal Signor Vollaston, che pochi acini di uno di questi metalli dà un filo della lunghezza di molte canne, e perciò adatto a soffrire una divisibilità estesissima. Le combinazioni chimiche possono darci anche dimostrazione di estesa divisibilità, perchè un atomo di composto comprende gli atomi dei componenti da cui è formato.

Ma si domanda se questa divisione possa essere indefinita? Questo non sembra potersi ammettere; poichè tutto concorre a farci credere che vi sia un limite, al di là del quale non si può andare più oltre. Noi ignoriamo le dimensioni assolute e le forme degli atomi indivisibili; possiamo credere che gli stessi volumi de' corpi assoggettati alla medesima temperatura ed alla stessa pressione contengano lo stesso numero di atomi. Di

fatti è probabile che volumi uguali di ossigeno e d'idrogeno posti alla stessa influenza di pressione e di temperatura contengano lo stesso numero di atomi, e che i pesi degli atomi indivisibili di ciascuno sieno tra loro nel rapporto delle densità. In Chimica siamo obbligati di ammettere un rapporto invariabile tra il peso degli atomi; e questa scienza fornisce il mezzo di determinare i valori numerici di questi rapporti, come avremo occasione di osservare nella teoria atomistica.

6. *Mobilità*. La mobilità è una proprietà che hanno i corpi di poter cambiar sito; questo cambiamento di sito chiamasi movimento, e la causa che lo produce dicesi potenza o forza. Or lo stato di un corpo risulta o dal cambiamento di sito, o dalla permanenza nel medesimo sito, avendosi nel primo caso lo stato di movimento, e nel secondo quello di riposo. Sì il movimento come il riposo può essere relativo o assoluto; ma per dar luogo a questa distinzione è necessario far prima menzione dello spazio.

Le forze o possono agire soltanto in un istante inapprezzabile, e chiamansi allora forze istantanee, le quali comunicano al corpo un movimento che chiamasi uniforme; o possono agire costantemente e di una maniera continua e senza interruzione, e sono dette forze continue o acceleratrici, le quali producono un movimento variato. Le forze continue o agiscono costantemente con la stessa intensità in tutto il tempo del movimento, o con delle intensità variabili; le prime sono dette acceleratrici costanti, ed il movimento che producono è uniformemente variato.

7. *Inerzia*. Tutt'i corpi persistono nello stato di movimento o di riposo nel quale si trovano. A questa persistenza della materia nel riposo, o nel movimento nella stessa direzione, e colla stessa velocità si è dato il nome d'inerzia.

Di fatti non si è veduto mai un corpo nello stato di riposo mettersi in movimento da se; perciò l'inerzia è una proprietà evidente ne' corpi in riposo. Un esempio dell'inerzia nello stato di movimento si ravvisa ne' movimenti dei pianeti; tali

movimenti non hanno subito cangiamento dal tempo delle prime osservazioni astronomiche. Se sulla superficie della Terra non vediamo i corpi conservare per lungo tempo le velocità che hanno acquistato, è perchè il loro movimento è distrutto progressivamente dalla resistenza che si oppone dagli ostacoli; ed è facile convincerci che essi continuerebbero a muoversi se questi ostacoli potessero essere totalmente rimossi. Una delle cause che si oppone alla durata del movimento è lo strofinio; di fatti si può diminuire di più in più la sua influenza rendendo meno scabre le superficie de' corpi che strofinano. Altra causa ritardatrice è la presenza dell'aria, che viene posta in movimento a discapito del movimento dei corpi.

CAPITOLO II.

DELLE DIVERSE SPECIE DI MOVIMENTI E DELLE FORZE MOTRICI.

8. L'immenso spazio che racchiude tutto il creato chiamasi spazio assoluto o infinito; qualunque porzione di questo spazio limitato dalla volontà chiamasi spazio limitato o relativo. Il primo è immobile, ma può supporsi in movimento il secondo.

Or sì il movimento, come il riposo rapportandosi allo spazio infinito o assoluto chiamasi movimento o riposo assoluto (1); e rapportandosi allo spazio relativo dicesi movimento o riposo relativo.

La Meccanica, ch'è la scienza del movimento, si occupa di due generi di quistioni; in alcune sono date le forze e si va cercando la quantità del movimento, e la legge da cui è regolato; in altre sono dati i movimenti prodotti e si van cercando le forze che l'hanno potuto produrre.

(1) In natura non esiste riposo assoluto; poichè la Terra e gli altri pianeti si muovono intorno al Sole; ed il Sole ha un movimento di rotazione intorno al proprio asse.

9. Il movimento rettilineo equabile o uniforme è il più semplice, in cui la velocità, ch'è lo spazio percorso in una unità di tempo, è costante. Nel movimento uniforme bisogna considerare tre cose; cioè lo spazio, il tempo, e la velocità.

La velocità è lo spazio percorso diviso pel tempo impiegato a percorrerlo, o la quantità di spazio percorso in una unità di tempo. Dietro questa definizione, se si mette lo spazio $= S$, il tempo $= T$, e la velocità $= V$, si avrà $V = \frac{S}{T}$ ed $S = VT$; vale a dire che lo spazio percorso è uguale alla velocità moltiplicata pel tempo impiegato a percorrerlo. Si potrebbero rappresentare la velocità ed il tempo con delle linee, nel qual caso lo spazio verrebbe rappresentato dal rettangolo formato da queste linee ed il suo valore numerico sarebbe uguale al prodotto delle unità di tempo per la velocità.

10. Allorchè poi la velocità è variabile si ha il movimento variato, e questo può essere uniformemente variato, e inegualmente variato.

Il movimento uniformemente variato, ch'è il solo di cui noi ci occupiamo, è qualora la velocità cresce o decresce con una legge costante in tempi uguali. Questo movimento è prodotto, come si è detto, dalle forze acceleratrici costanti.

Il movimento uniformemente variato può essere accelerato allorchè le velocità crescono progressivamente; e ritardato qualora le velocità minorano progressivamente.

Per farci un idea precisa della velocità nel movimento accelerato, supponiamo che dopo un certo tempo la forza acceleratrice cessasse di agire; nel qual caso il corpo continuerà a muoversi con un movimento uniforme più o meno rapido secondochè il tempo decorso nel movimento accelerato è stato più o meno lungo; la velocità di questo movimento è appunto quella acquistata dal corpo fino al momento che si suppone sospesa la forza acceleratrice. È facile comprendere che nel movimento uniformemente accelerato la velocità cresce proporzionatamente al tempo. Di fatti supponiamo che la for-

za acceleratrice in vece di essere continua sia divisa in una serie d'impulsioni successive e molto ravvicinate, o pure che il tempo sia diviso in istanti infinitamente piccoli, ed uguali tra essi, e che la forza acceleratrice agisca nel principio di ciascun istante per aggiungere velocità al corpo. Posto che il corpo sia animato nel principio del movimento da una velocità V, e che in ciascuna unità di tempo una forza acceleratrice aggiunga a questa velocità una quantità costante g; se s'indica con T il numero delle unità di tempo; la velocità nel movimento accelerato può essere rappresentata da $V+g$, $V+2g$, $V+3g$ ec. $V+gT$; locchè dimostra che la velocità cresce in proporzione del tempo. Suppongasi che la velocità iniziale V sia $=0$; la velocità che acquista un corpo nel tempo T muovendosi con moto uniformemente accelerato sarà gT.

Or vediamo come cresce lo spazio in rapporto al tempo. Si supponga la velocità nulla nel principio ovvero A$=$0 (Fig. 1.) Sia AF la linea rappresentante il tempo diviso in un certo numero di parti uguali tra esse, e ciascuna all'unità di tempo, e le rette BO,CP,DQ ec. perpendicolari ad AF rappresentino le velocità acquistate dopo ciascuna unità di tempo; lo spazio totale percorso corrisponderà alla somma degli spazj parziali, i quali sono rappresentati dal prodotto del tempo per le velocità rispettive, e propriamente dalla somma de'rettangoli BCUO, CDTP ec. Se poi in ciascuna unità di tempo si muove colla velocità che dal principio ha successivamente acquistata, come sarebbero BO,CP,DQ, ec. lo spazio totale percorso può essere rappresentato in questo caso dalla somma dei rettangoli ABON, BCPM, CDQL, ec. il primo risultato è troppo piccolo, il secondo è troppo grande; e si avvicineranno dippiù a proporzione che le unità di tempo s'impiccioliranno; talmentechè rese queste infinitamente piccole si ha il risultato medio ch'è il triangolo AFH. Lo spazio totale percorso nel tempo AF sarà dunque $\frac{AF \times FH}{2}$, e siccome FH è la velocità finale

$=gT$ ed AF è il tempo $=T$, indicando con S lo spazio totale, si avrà la seguente formola pel movimento accelerato $S=\frac{gT\times T}{2}$ ovvero $S=\frac{gT^2}{2}$; e perciò nel movimento uniformemente accelerato gli spazj percorsi crescono come i quadrati de'tempi. Ed ecco le due formole del movimento uniformemente variato $V=gT$, e $S=\frac{gT^2}{2}$.

Se nella formola $S=\frac{gT^2}{2}$ si mette $T=1$; si avrà $g=2S$, vale a dire che nel movimento uniformemente accelerato la velocità acquistata dopo l'unità di tempo è doppia dello spazio percorso durante questa unità.

Dippiù l'eliminazione di T tra le due equazioni pel movimento uniformemente variato $V=gT$, ed $S=\frac{Tg^2}{2}$ da $V=\sqrt{2gS}$; formola che dà la velocità corrispondente ad un certo spazio percorso senza aver bisogno di conoscere il tempo impiegato.

11. Da questa legge si può dedurre che se la forza acceleratrice costante cessasse di agire dopo un tempo x, il corpo avendo percorso con un movimento accelerato lo spazio $y=\frac{gx^2}{2}$ il movimento uniforme che ne succederebbe avrebbe luogo in virtù della velocità acquistata $V=gx$; ed il corpo percorrerà con movimento uniforme nel medesimo tempo x uno spazio $y'=Vx=gx^2$ che sarebbe doppio del primo $\frac{gx^2}{2}$; perciò il corpo percorrerà con movimento uniforme in un tempo uguale a quello in cui il movimento è stato accelerato uno spazio esattamente doppio.

Or se in vece di supporre nulla la velocità del mobile in origine; supponiamo che avesse una velocità impressale da una spinta primitiva. Sia A questa velocità, è chiaro che la velocità del mobile assoggettato contemporaneamente a questa pri-

mitiva impulsione, e ad una forza acceleratrice costante sarà $A + gT$ alla fine del tempo T. Per avere lo spazio totale percorso bisognerà unire i due spazj separati. Or in virtù dell'impulsione primitiva lo spazio percorso con movimento uniforme sarebbe AT, e quello operato dal movimento accelerato è $\frac{gT^2}{2}$ perciò lo spazio totale percorso sarebbe rappresentato da $AT + \frac{gT^2}{2}$.

Nella caduta de' gravi faremo applicazione delle teorie del movimento accelerato.

12. Si chiama in Meccanica quantità di movimento il prodotto della massa per la velocità; di modochè le quantità di movimento di due corpi sono uguali qualora le masse sono in ragione reciproca delle rispettive velocità. Di fatti se m', ed m'' rappresentano le masse di due corpi, e v', v'' le rispettive velocità se $m' : m'' = v'' : v'$ si avrà $m'v' = m''v''$. Dal che si deduce che se due forze istantanee imprimonò la stessa velocità a due corpi; se le forze sono uguali, le masse devono essere anche uguali; e se le masse sono uguali, le forze parimenti devono essere uguali.

L'urto de'corpi (facendo astrazione delle loro particolarità) può servire a paragonare le forze che hanno determinato il loro movimento, e conseguentemente a misurare le loro masse. Allorchè due corpi muovendosi l'uno verso l'altro nella stessa linea retta e colla stessa velocità restano immobili dopo l'urto; se le forze che li hanno messi in movimento sono evidentemente uguali, si conchiude che questi corpi hanno le masse uguali; e se si riconoscono di masse uguali si deduce che le forze sono uguali. Or se due corpi A e B, riconosciuti di masse uguali da sperimenti precedenti, sono animati da un movimento comune, e vengono urtati da un terzo corpo C che si muove in senso contrario ai due primi e colla stessa velocità, e che l'effetto dell'urto produce la cessazione di movimento in tutti e tre; è chiaro che la forza impiegata per

mettere in movimento il terzo corpo C è doppia di quella che ha animato ciascuna dei due primi; dal che si conchiude che la massa di C è doppia di quella di A o di B.

Valutazione delle forze motrici.

La Meccanica non investiga le cause del movimento; essa calcola gli effetti, e considera come questo movimento si conservi o si modifichi. Quindi i calcoli non dipendono dalla forza facoltativa del motore, ma dagli effetti ch'esso manifesta; val quanto dire non si assoggettano a calcolo le cause, ma gli effetti; perciò l'azione di una forza sopra di un corpo per cangiarlo di luogo viene misurata dalle circostanze del suo movimento; e continuando quest'azione per un certo tempo, essa produce un effetto ch'è la somma di tutti gli effetti prodotti in ciascuno istante, come nell'azione delle forze continue. In conseguenza l'intensità di una forza viene misurata dagli stessi elementi che la determinano; come per esempio, se una forza è capace d'innalzare un determinato peso ad una data altezza, in un dato tempo; i numeri rappresentanti il peso, l'altezza, ed il tempo riferiti a ciascuna unità convenuta della propria specie daranno l'idea precisa dell'intensità della forza.

Se le forze agiscono in tempi uguali, i tempi si possono trascurare nel rapporto di queste forze. Or essendo evidente che tanto è innalzare due rotola all'altezza di una canna, quanto innalzare un rotolo all'altezza di due canne; poichè in ambedue i casi è come s'innalzasse due volte un rotolo all'altezza di una canna; in conseguenza l'effetto della forza è il prodotto del peso moltiplicato per l'altezza, riferendo ciascuno di questi elementi ad una unità della propria specie. Così la forza atta ad innalzare 20 rot. a 30 canne, devesi considerare uguale alla forza che nel tempo stesso innalzerebbe 10 rotola a 60 canne, ovvero 600 rotola ad una canna.

Si vede dunque che per misurare le forze, o piuttosto gli effetti di cui sono capaci, è necessario prendere uno di tali ef-

fetti per termine di comparazione; noi adotteremo per unità dinamica la forza capace d'innalzare un rotolo all'altezza di una canna, e la chiameremo una dinamia. Nell'esempio citato la forza equivale a 600 dinamie, vale a dire capace d'innalzare 600 rotola ad una canna di altezza in un tempo dato, ovvero 10 rotola a 60 canne, o 20 rotola a 30 canne ec. Questo risultato dell'esercizio di una forza, ossia il numero di dinamie che ne misurano l'effetto, fu chiamato da Coulomb *quantità di azione;* da Monge *effetto dinamico;* da Smeathon *potenza meccanica;* da Carnot *momento di attività*, espressioni tutte sinonime. Or siccome l'azione di una forza si trasmette con una pressione esercitata sul punto in cui è applicata, continuando a produrla in proporzione che il punto cede; così è chiaro che questa quantità di azione non è che il prodotto della pressione esercitata dal motore nel punto ove agisce moltiplicata per lo spazio percorso da questo punto nella direzione dell'agente medesimo durante un tempo dato; i quali due elementi altro non sono, in ultima analisi, che il risultato equivalente ad un corpo in movimento e ad uno spazio da esso percorso.

13. Fin qui abbiamo supposto che le forze agiscano in tempi uguali; quando non sono uguali, per paragonare gli effetti, bisogna col calcolo riportarli a tempi uguali, il che si ottiene riferendoli ad una medesima unità di tempo come sarebbe un ora, un minuto, un secondo ec. mediante semplici operazioni aritmetiche. Di fatti sieno due forze, una delle quali sia capace d'innalzare 20 rotola a 30 canne di altezza in 4 ore, e l'altra 10 rotola a 62 canne di altezza in 5 ore; per esaminarne il rapporto si moltiplica il peso per l'altezza in ciascuna di esse, e ciascun prodotto si divide pel tempo corrispondente; così $\frac{20 \times 30}{4} = 150$, e $\frac{10 \times 62}{5} = 124$, la prima forza corrisponderà a 150 rotola, e la seconda a 124 innalzata ciascuna all'altezza di una canna in un ora di tempo; perciò sono tra esse nel rapporto di 150 : 124.

Quando una forza varia d'intensità, cioè quando non è uniforme, per ottenerne il valore corrispondente ad un dato tempo, bisogna trovare l'effetto che essa esercita in un tempo brevissimo, come sarebbe un minuto secondo, e fare il calcolo richiesto come si è detto di sopra; la forza a questo istante verrà riferita alla medesima unità di quella a cui vuolsi paragonare.

Conosciutosi che una forza sia atta ad innalzare un peso P a C canne di altezza in una unità di tempo, se l'azione di essa continua per un numero T di unità di tempo, la quantità di azione $P\,C$ ottenuta per ciascuna unità di tempo sarà ripetuta T volte, per conseguenza il prodotto PCT sarà la *quantità di azione*, o *l'effetto dinamico*; vale a dire la forza che nel dato tempo è capace di produrre un numero di dinamie uguale a PCT, ovvero è capace d'innalzare il numero PCT di rotola ad una canna di altezza.

14. Si distinguono in Meccanica le forze vive, e le forze morte. Col nome di forza viva s'intende il prodotto della massa moltiplicata per la velocità impressale. Non bisogna formarsi altra idea di questa parola che quella di un prodotto, nè dar luogo ad investigazioni metafisiche per cercarne la spiegazione. La forza viva è una quantità della stessa specie dell'effetto dinamico, o quantità di azione. Col nome di forza morta s'intende un azione che non produce alcun moto e non genera attualmente alcuna velocità; tali sono i pesi quando poggiano sopra ostacoli stabili, le molle che mantengonsi tese, quella del vapore ritenuto ecc. nel quale caso la forza appena prodotta rimane distrutta.

15. Nelle arti industriali quattro specie di forze ordinariamente mettonsi in azione, e sono l'acqua, l'aria in movimento, o sia il vento, il calorico, e la forza muscolare degli uomini e degli animali. Dell'azione dell'acqua, del vento, e del calorico come forza motrice ce ne occuperemo negli articoli rispettivi, e propriamente allorchè parleremo dell'applicazione di questi corpi; tratteremo soltanto in questo luogo della migliore applicazione delle forze muscolari, e della loro valutazione.

L'uomo, il cavallo e tutti gli animali esercitano per la loro azione sopra una resistenza qualunque una pressione che tende ad imprimerle una velocità, come farebbe l'urto in un corpo; perciò la forza motrice degli animali può considerarsi come quella di un peso animato da una velocità che acquista cadendo da un altezza.

16. La valutazione della forza muscolare degli uomini, e degli animali va soggetta a molte variazioni che debbonsi attentamente valutare. Di fatti se quest'azione è momentanea può essere capace di grandi sforzi, che non potrebbero sostenersi se fosse prolungata per un tempo più o meno lungo, nel qual caso sarà necessario interporre dei riposi più o meno lunghi; di fatti si conosce che un uomo non può lavorare più di otto o dieci ore al giorno, e queste divise in due o tre intervalli, ed il cavallo non dà che un travaglio di sei ad otto ore quando si vuole aver cura della sua conservazione. Posto ciò ne' lavori continuati occorrono in ventiquattro ore tre o quattro cavalli, e tre uomini in vece di uno.

L'azione di una forza può cangiare ancora pel modo con cui viene applicata; di fatti non è lo stesso per un uomo tirare o spingere, agire col proprio peso, esercitar la potenza muscolare delle gambe, delle braccia, o dei reni. Queste particolarità debbonsi studiare col soccorso dell'esperienza.

L'intensità di una forza varia ancora secondo l'età dell'individuo, la stagione, il clima ecc. Non ostante tutte le anzidette cause capaci di far variare l'intensità della forza muscolare, pure si è cercato di darle un valore approssimativo; e secondo i risultamenti ottenuti da Coulomb, Smeathon, Guenyveau, e Navier la forza dell'uomo si valuta in circa di 140 rotola corrispondente a quasi il doppio del peso dell'individuo. Coulomb dimostrò che quando trattasi di ascendere su di una scala senz' altro peso che quello del proprio corpo, un operajo non produce al giorno che 28,000 dinamie, mentre lo stesso uomo ne produce 74,000 sollevando dei pesi mediante una corda passata per una girella.

La forza del cavallo si valuta sette volte maggiore di quella dell'uomo, ma le circostanze che concorrono nell'uso di questo animale influiscono di molto su i risultamenti.

17. Ordinariamente in pratica si usa uno strumento chiamato *Dinamometro* addetto a misurare l'intensità o la grandezza della forza, del quale vi sono state varie costruzioni. Trascurando quello inventato da Graham, e perfezionato da Dessaguilliers, perchè molto incomodo sì pel trasporto come per l'uso; quello di Leroy, che è stabilito sull'elasticità di una molla spirale posta in un tubo metallico, perchè molto limitato nelle sue applicazioni; quelli di White, Lare-laye, e di Welter, sono addetti piuttosto a determinare l'intensità della forza di rotazione di un motore qualunque; ci limiteremo a descrivere quello immaginato da Reigner, il quale fece obliare tutti gli altri prima ideati; ed in questo la forza, che si vuol valutare, è misurata dal grado di piegatura che può far prendere ad una grossa lama di molla di acciajo temperato, che forma la parte più interessante dell'apparecchio. Questa molla di acciajo è curvata in forma ovale, o piuttosto della forma di due archi uguali posti l'uno rimpetto all'altro per la loro parte concava; avendo le loro estremità riunite con due gomiti o semianelli, il tutto di un sol pezzo come vedesi (Fig. 2.); la molla è unta di grascio, ed è coperta di pelle sì per esentarla dalla ruggine, come per renderla più maneggiabile.

Nel mezzo di uno degli archi dell'ovale adattasi una zampa B, che serve a sostenere un quarto di cerchio GI di ottone, il di cui arco è graduato, e ciascun grado corrisponde ad una pressione prodotta da un dato peso. Nella parte opposta della molla vi è un piccolo appoggio D fissato come il primo, e tagliato a forchetta nella sua estremità, per poter ricevere lo spingitore di acciajo E, fissato con una copiglia a vite. Sulla piastra del quarto di circolo vi è un indice F di acciajo molto fino e leggerissimo, fissato a vite nel centro O del quadrante; nell'estremità K vi è un piccolo pezzetto di panno o di pelle

incollato, acciò l'attrito dell'indice sul quadrante sia dolce, ed uniforme, e rimanga nel punto in cui venne spinto.

Ora è facile comprendere il meccanismo del dinamometro. Posto l'indice sullo zero della graduazione, la pressione della forza agendo a schiacciare gli archi della molla di acciajo fa ravvicinare gli appoggi B e D; lo spingitore E agisce sulla cima b della leva ad angolo bHC; questa spinge l'indice F e lo conduce in una posizione che dipende dall'intensità della forza con cui venne compressa la molla, marcando sulla graduazione il massimo sforzo usato dall'azione motrice.

È necessario avvertire che la graduazione del dinamometro si fa dopo averlo costruito. Di fatti si assoggetti lo strumento all'azione di una forza conosciuta, e di tanto da spingere l'indice fino all'estremità dell'arco; supposto che questa forza si trovi corrispondente al peso di 150 rotola, si dividerà l'arco in 150 parti uguali, ognuna delle quali rappresenterà il peso di un rotolo. Ciò è dedotto dall'esperienza, dall'aver osservato che la elasticità della molla di acciajo, qualora è perfetta, produce ne' due archi movimenti proporzionali alla forza che li comprime.

18. Adoperasi un dinamometro molto più sensibile, formato da una molla molto più sottile, per misurare delle piccole forze come quelle de' fili di lino, canape, seta, cottone ec. descritto nel bullettino della società d'incoraggiamento di Parigi Tom. VI. pag. 92. Esso è conformato a guisa di una bilancia a molla triangolare (Fig. 3.); la molla è fatta di una lamina piegata ad angolo; si tiene con le dita per un piccolo anello posto ad uno degli estremi A, ovvero si sospende ad un appoggio qualunque; all'altro estremo B è ligato il filo che si vuol provare; si tira questo filo fino a che si rompe. Il braccio B della molla marcherà sull'arco il grado equivalente alla forza impiegata, che, in corrispondenza del modo come è costruito lo strumento, è valutato in peso. Per poter vedere comodamente il punto in cui giunge il braccio B della molla sull'arco graduato, vi si adatta un filo di ottone CD

piegato ad arco e parallelo all'arco graduato, a cui infilasi una piccola girella di pelle che vi scorre sopra, il punto in cui si ferma questa girella si rapporta sull'arco graduato. Lo stesso strumento può anche servire a misurare la forza della corrente di un fiume, nel modo che diremo a suo luogo.

CAPITOLO III.

DEL MOVIMENTO PRODOTTO DALL' AZIONE DI DUE O PIU' FORZE E DELL' EQUILIBRIO.

19. Avendo, nel capitolo precedente, parlato del movimento prodotto dall'azione di una sola forza, fa duopo ora parlare del movimento che risulta dall'azione di due o più forze applicate sullo stesso corpo.

Due o più forze che fanno azione su di un corpo, se lo spingono nella medesima direzione, si chiamano forze cospiranti; se lo spingono in direzioni opposte, forze opposte; e forze di mezzana cospirazione o opposizione, quelle che lo spingono per direzioni che formano angolo tra esse.

L'azione di più forze su di un corpo o produce movimento, che chiamasi *movimento medio o composto*, o mette il corpo in *equilibrio*; ch'è lo stato di riposo prodotto dall'azione di due o più forze applicate o nello stesso punto, o in differenti punti del corpo, che bisogna distinguere dal riposo prodotto dall'inazione di qualunque forza.

Due forze cospiranti, o di mezzana cospirazione danno luogo sempre a movimento; due forze opposte qualora sono uguali producono l'equilibrio; se sono disuguali producono movimento nella direzione della forza maggiore, e d'intensità uguale alla differenza delle due forze.

20. La direzione e l'intensità della forza composta da due forze di mezzana cospirazione, che contemporaneamente agiscono su di un corpo, può essere espressa dalla diagonale di un parallelogrammo formato dalle linee rappresentanti le di-

rezioni e le intensità delle due forze, e dall'angolo formato dalle medesime, la quale diagonale viene tirata dal punto dell'incontro delle due forze.

Di fatti se due forze qualunque QA e AP (Fig. 4) di mezzana cospirazione ed opposizione capaci di far percorrere isolatamente ad un punto materiale A gli spazj AB ed AC; allorchè agiscono contemporaneamente fanno descrivere al detto punto nel medesimo tempo lo spazio AD, ch'è la diagonale del parallelogrammo ABDC costruito su i lati AB ed AC e dall'angolo BAC.

Questo teorema riconosciuto col titolo di parallelogrammo delle forze è il più interessante in meccanica, ed eccone la più semplice spiegazione.

Supposto che sul punto A facesse azione la sola forza QA, allora il punto A percorrerebbe in istanti sussecutivi gli spazj Ab', b'b'', ecc. finchè arriverebbe nel punto B; e se sul punto A agisse la sola forza PA, il punto A percorrerebbe in istanti successivi gli spazj Ac', c'c'', ecc. finchè arriverebbe nel punto C. Or se si desse contemporaneamente movimento al lato AB sempre parallelo a se stesso, in modo che il punto A descrivesse la retta AC; ed al lato AC sempre parallelo a se stesso in modo che il punto A descrivesse la retta AB; i punti b', e c', caderebbero sul punto d', i punti b'', e c'' sul punto d'' ecc. e finalmente i punti B, e C sul punto D. Perciò il punto materiale A venendo spinto contemporaneamente dalle due forze QA e PA, nel primo istante in vece di trovarsi ne' punti b', o c' si troverà nel punto d', nel secondo istante in vece di trovarsi ne' punti b''; o c'' si troverà in d'' ecc. e alla fine del movimento il corpo in vece di trovarsi ne' punti B o C si troverà nel punto D.

21. Allorchè poi si vuole la risultante di più di due forze, si troverà la risultante di due di esse; la quale si sostituisce alle due componenti; e si avrà una forza di meno nel sistema; ripetendo la stessa operazione si eliminerà una nuova forza; e

così di seguito finchè ne rimarrà una sola, la quale sarà la risultante richiesta.

22. Siccome di due forze date si ha la risultante, operando inversamente data la forza AD e le direzioni AP ed AQ delle componenti, se si vogliono conoscere le loro intensità, si opera nel seguente modo; dal punto D si tirano le parallele DC, e DB alle direzioni date: e si prolungano PA e QA verso C e B finchè incontrano DC e DB ne'punti C e B, le rette AB ed AC indicheranno le intensità delle forze componenti.

Se le direzioni delle componenti non sono date, può la forza composta essere uguagliata da due componenti, che possono tanto variare in lunghezza ed in direzione, per quanti sono i parallelogrammi, che possono costruirsi intorno ad una diagonale.

23. Essendo AB = CD, come lati opposti del parallelogrammo; perciò i tre lati del triangolo ACD rappresentano le intensità delle due forze componenti e della loro risultante, e gli angoli di questo triangolo ne determinano le direzioni. Or siccome in ogni triangolo qualora si conoscono tre parti si può conoscere il resto; perciò conoscendosi l'intensità delle componenti, e della loro risultante, si possono conoscere facilmente le direzioni; ovvero date le direzioni si potrà conoscere il rapporto delle tre forze; o date le direzioni, e l'intensità di una forza si può conoscere l'intensità delle altre due; come ancora conoscendo una delle componenti e la risultante in grandezza e direzione si può conoscere l'altra componente ecc. Tutti questi problemi e molti altri riduconsi a determinare le altre parti di un triangolo essendone conosciute tre.

Dell'equilibrio.

24. L'equilibrio può stabilirsi tra corpi liberi da qualunque attacco, e tra corpi che possono muoversi solamente intorno ad un punto fisso. L'equilibrio ne'corpi liberi si ha sì dall'azione di due forze opposte ed uguali, ch'è il caso

più semplice dell'equilibrio, che dall'azione di più forze applicate o nello stesso punto, o in differenti punti del corpo, e di tal natura che le risultanti sieno opposte ed uguali; ovvero che una delle forze date sia ugnale ed opposta alla risultante delle altre. Perciò qualora un corpo è posto in movimento dall'azione di una o più forze, può stabilirsi in equilibrio con fare agire una forza uguale ed opposta alla forza motrice, o alla risultante delle forze motrici.

25. L'equilibrio ne'corpi rotabili, ovvero ne'corpi che possono muoversi intorno ad un punto fisso, viene prodotto qualora la forza motrice o la risultante delle forze motrici attraversa il punto fisso, urtando in tal caso contro di un ostacolo invincibile; qualunque altra direzione può dar luogo ad un movimento di rotazione. Or dimostrandosi per mezzo della geometria che se da un punto qualunque C della risultante AC (Fig. 5) si abbassano su ciascuna delle forze componenti AX ed AY delle perpendicolari CF e CG, le lunghezze delle perpendicolari sono in ragione inversa dell'intensità delle forze su cui sono abbassate; vale a dire che se le forze sono nel rapporto di 4 : 5; le perpendicolari CF e CG saranno nel rapporto di 5 : 4; dal che ne risulta patentemente, che i prodotti delle espressioni numeriche di ciascuna forza per la perpendicolare corrispondente sono uguali, vale a dire che $AX \times DC = AY \times CE$; chiamandosi questi prodotti momenti statici delle rispettive forze per rapporto al punto della risultante da cui sono abbassate le perpendicolari. Perciò per conoscere se un corpo rotabile intorno ad un punto fisso è in equilibrio, fa duopo abbassare dal punto fisso delle perpendicolari sulle forze che fanno azione sul corpo; se i prodotti di ciascuna forza per la corrispondente perpendicolare sono uguali, è manifesto che la risultante attraversa il punto fisso, e perciò il corpo è in equilibrio; se poi i momenti statici sono disuguali, allora vi sarà movimento nel senso della forza maggiore.

Noi abbiamo considerata l'azione delle forze in un sol pun-

to del corpo, questo è un caso astratto che giova per giungere ai casi più complicati che d'ordinario si presentano.

26. Non esiste alcun corpo le di cui parti sieno ligate tra esse invariabilmente; ma la rigidità che caratterizza i corpi nello stato di solidità esige che l'azione delle forze esercitate su talune di esse si trasmetta alle altre. In quanto ai liquidi l'impenetrabilità delle parti in contatto regola la ripartizione delle forze che le sono applicate.

Or se due forze P e Q (Fig. 6.) situate in un medesimo piano fanno azione ai punti A e B di un corpo solido; per avere la loro risultante bisogna considerare che il punto di applicazione di ciascuna forza può essere trasportato in un punto qualunque della sua direzione, purchè questo punto sia legato al primo per mezzo di una linea inflessibile; le due forze, essendo per supposizione nel medesimo piano, prolungate s'incontreranno in un punto C, e per avere la risultante non bisognerà fare altro che costruire un parallelogrammo coll'angolo ACB e con i lati corrispondenti alle intensità delle forze.

27. Il caso di due forze parallele, che spingono il corpo nella stessa direzione, non è escluso dalla soluzione precedente, perchè la regola di statica è indipendente dall'angolo che fanno le direzioni delle due forze, di maniera che essa è anche vera per un angolo nullo. Di fatti noi abbiamo detto che le lunghezze delle perpendicolari abbassate da un punto della risultante sulle forze componenti sono in ragione inversa delle stesse componenti. Or nelle forze parallele per avere il punto C di applicazione della risultante (Fig. 7.) bisognerà dividere AB in due parti reciprocamente proporzionali alle intensità delle forze P e Q; l'intensità della risultante dovrà essere uguale alla somma delle intensità delle forze date. Per istabilire l'equilibrio non bisognerà far altro che applicare al punto C una forza uguale alla risultante ma diretta in senso opposto. Se poi le due forze sono parallele ma dirette in senso opposto, come l'indica la (Fig. 8.) per istabilire l'equilibrio sarà necessario rinvenire la differenza tra le due forze,

P e Q e stabilire una forza S corrispondente a questa differenza dall'istesso lato della forza minore, e in distanza tale dalla direzione della forza maggiore, che le perpendicolari abbassate dal punto O sulle direzioni delle forze P ed S sieno in ragione inversa delle medesime forze. Noi abbiamo supposto in quest'ultimo caso le due forze disuguali in intensità, e sempre nel medesimo piano. Ma se esse fossero uguali o se agissero in piani differenti, non si potrebbe avere risultante: e per istabilire l'equilibrio bisognerà equilibrare ciascuna forza separatamente.

CAPITOLO IV.

DEL CENTRO DI GRAVITÀ DE' CORPI, E DELLE MACCHINE SEMPLICI.

28. Dalle dottrine stabilite per l'equilibrio e pel movimento, risultano le teorie delle macchine semplici, e propriamente delle leve, delle girelle, e del piano inclinato; ma per ben comprenderle è necessario parlar prima del centro di gravità de'corpi.

29. Dall'attrazione universale si ripete la tendenza che hanno i corpi situati su di un pianeta collo stesso pianeta, come i corpi terrestri colla Terra; questa tendenza fa sì che qualunque corpo privato di sostegno va a cadere dirigendosi verso il centro della medesima; questa proprietà è ripartita a tutte le molecole de'corpi; in modo che un corpo viene spinto da un numero infinito di forze parallele tra loro e perpendicolari al luogo dell'osservazione; tutti questi sforzi parziali possono risolversi mediante il teorema della composizione delle forze, la di cui risultante costituisce il peso del corpo. Questa risultante dovrà, qualunque sia la posizione del corpo, passare per un punto unico, ch'è il centro di gravità del corpo.

Or sospendendo il corpo per uno de'suoi punti ad un filo, questo filo marcherà la verticale nello stato di equilibrio, ed il suo prolungamento nel corpo passerà pel suo centro di gra-

vità. Simile apparecchio armato con un corpo di bastante densità è usato in molte arti, e vien chiamato filo a piombo o piombino; e serve ad una infinità di usi particolarmente per mostrare la direzione verticale all'orizzonte, e per determinare il centro di gravità del corpo sospeso. Per rinvenir questo si sospende il corpo sussecutivamente per due punti differenti; ed è facile comprendere che in ciascuna delle due posizioni, il centro di gravità è in un punto del corpo posto nella prolungazione di detto filo; ma il centro di gravità è un punto solo, perciò deve essere un punto comune alle due direzioni prolungate de' fili, ed è positivamente il punto d'intersezione.

30. Non bisogna confondere il centro di gravità col centro di figura; poichè il centro di figura è il punto situato nel mezzo del corpo, ed il più delle volte il centro di gravità non gli corrisponde. Di fatti ne' corpi di figura regolare, e di densità uniforme il centro di gravità si trova confuso col centro di figura; ma ne' corpi irregolari, o di densità non uniforme il centro di gravità varia secondo le diverse disposizioni delle parti del corpo. Le torri di Bologna e di Pisa che sembrano minacciare la loro caduta a chi ne ignora i principj della loro costruzione, danno pieno convincimento che qualora il centro di gravità non isfugge dalla base, val quanto dire che la perpendicolare abbassata dal detto centro cade fra il perimetro della base, si è sicuro della massima stabilità. La macchina umana qualora viene caricata sulle spalle, naturalmente s'inchina in avanti, per far sì che il centro di gravità della massa totale venga a cadere tra i suoi piedi; se viene caricata sulle braccia s'incurva naturalmente indietro per la stessa ragione; e se si sforzasse di reggere in posizione regolare caderebbe immantinente, perchè il centro di gravità piomberebbe al di fuori della base.

Ciò che abbiamo detto intorno al centro di gravità dà spiegazione di molti guochi curiosissimi, come i cilindri che ascendono su di un piano inclinato, il piccolo saltatore, i guochi de' ballerini, e particolarmente de' ballerini da corda, ec.

ci mette dippiù nel caso di decidere della stabilità o instabilità di ogni genere di costruzione, e della posizione che prende qualunque corpo abbandonato all'azione della gravità.

Nell'uomo e negli animali il centro di gravità non si trova costantemente nell'istessissimo punto del corpo, potendo questo variare, e a seconda della diversa posizione dell'individuo, come pure per la diversa conformazione fisica. Tutto questo è interessante conoscersi particolarmente nell'esercizio e valutazione delle forze a cui questi individui sono destinati.

Leva.

31. Per leva s'intende una spranga inflessibile RAP retta o curva, (Fig. 9.) la quale per uno de'suoi punti A poggia su di un sostegno fissò dando alla leva un punto di appoggio, sul quale essa può muoversi liberamente.

Le leve sono impiegate per innalzare de'corpi a piccole altezze, per tenerli sospesi, o per rimuoverli dal loro posto, adattando ad uno de' suoi punti una forza P atta a poter vincere una resistenza qualunque R, che fa azione in altro punto della leva. Quelle porzioni di leva comprese sì tra il punto di appoggio A e la forza P, che tra il punto di appoggio e la resistenza R, si chiamano braccia della leva, e la forza chiamasi potenza.

Alcuni Fisici hanno classificate le leve in tre generi, secondo le diverse disposizioni che possono avere tra loro il punto di appoggio, il punto di applicazione della forza o potenza, ed il punto di azione della resistenza, chiamando leva di primo genere allorchè il punto di appoggio è situato tra la potenza e la resistenza, come viene espresso dalla (Fig. 9); leva di secondo genere allorchè il punto di azione della resistenza è tra il punto di appoggio e la potenza, come nella (Fig. 10) e leva di terzo genere allorchè la potenza fa azione tra la resistenza ed il punto di appoggio come nella (Fig. 11).

32. L'utilità della leva consiste ad ottenere l'equilibrio tra

la potenza e la resistenza, o pure fare che la potenza vinca la resistenza impiegando una potenza inferiore alla resistenza. Or siccome la leva figura da un corpo movibile intorno ad un punto fisso, qual è il punto di appoggio, su cui essa può muoversi liberamente, e la potenza e la resistenza le forze che su di essa fanno azione; perciò sono ad essa applicabili le stesse leggi che riguardano i corpi che si possono muovere intorno ad un punto fisso. Or disponendo le cose in modo che i momenti statici di dette forze relativamente al punto di appoggio sieno uguali; val quanto dire che i prodotti di ciascuna forza per il braccio della leva che gli corrisponde sieno uguali, si avrà l'equilibrio; e per poco che il prodotto del braccio della leva, ove sta applicata la potenza, per la stessa potenza supera il prodotto dell'altro braccio della leva per la resistenza, la potenza è al caso di vincere la resistenza. E potendosi allungare il braccio della leva a cui è applicata la potenza, nel qual caso una piccola potenza può equilibrare ed anche vincere una resistenza molto più grande di essa, perchè il prodotto del braccio allungato per la piccola potenza può uguagliare o sormontare il prodotto dell'altro braccio per la resistenza.

Qualora la leva è un asta curva, o le direzioni delle forze non sono parallele, le lunghezze delle braccia della leva vengono contrassegnate sempre dalle perpendicolari abbassate dal punto di appoggio sulle direzioni delle forze.

33. Di tutte le macchine la leva è la più semplice, la più utile, e la più spesso usata; di fatti le braccia della bilancia, la stadera, le manovelle, i piedi di capra che si adoperano per sollevare o muovere gravi pesi, o forzare gli usci, le ruote dentate, gli argani, i verricelli, le ruote a gradini ecc. sono leve di primo genere; come ancora le forbici, le tenaglie, sono composte di due leve dello stesso genere. I remi delle barche, i timoni, le mannaje, le porte che girano su i loro cardini ecc. sono leve di secondo genere; gli organi motori e luogomotori della macchina animale sono leve di terzo gene-

re; i muscoli sono attaccati vicino alle articolazioni intorno alle quali devono girare le nostre ossa, questi muscoli fanno l'uffizio di potenza, raccogliendosi le loro estremità si ravvicinano, e producesi un moto di rotazione; la resistenza è il peso stesso del membro e quello che esso solleva. Un picciolissimo accorciamento nel muscolo produce un gran movimento alla cima dell'osso.

34. Da ciò che abbiamo detto intorno alle leve si possono ricavare le condizioni che deve avere una buona bilancia, non essendo essa che una leva di primo genere. Esse sono le seguenti: I.° Che la spranga orizzontale della bilancia sia di acciajo temperato e di grossezza tale da essere inflessibile fino a quel peso a cui si vuole assoggettare la bilancia. II.° Che sia questa poggiata nel mezzo della sua lunghezza su di un sostegno fisso, la di cui superficie sia bene unita e di materia durissima su cui possa bilicare liberamente nella sezione della verticale, con soffrire il minimo strofinio possibile. Per adempire a ciò un pochettino al di sopra del centro di gravità della spranga vi passa un asse ugualmente di acciajo temperato affilato nelle parti che devono poggiare sul sostegno, acciò possa bilicare liberamente, ed essere sensibilissima ad ogni piccolo peso. Ed affinchè conservi questa sensibilità, vi è adattato un meccanismo, che mantiene sospesa la spranga nel tempo dell'inazione della bilancia, per non fare strofinare o poggiare la parte affilata dell'asse di acciajo sul sostegno, onde non vengano alterate le parti in contatto dalla pressione continuata. III.° Che il punto di sospensione non solo deve dividere la spranga in due parti uguali in lunghezza, ma ancora in peso, di modochè, sospesa sul suo sostegno, sia al caso di mettersi in sito orizzontale. Per vieppiù rendere visibile ogni minima alterazione dalla posizione orizzontale, nel mezzo di essa, e propriamente al di sopra del punto di sospensione vi è innalzato perpendicolarmente un indice. IV.° Che il punto di appoggio ed i punti di applicazione della potenza e della resistenza sieno in una linea retta. V.° Che le coppe della bilan-

cia sieno sospese costantemente agli stessi punti delle estremità della spranga; perciò nelle bilance esatte, la sospensione si fa su lamine affilate di acciajo temperate saldate a croce nelle estremità della spranga. VI.° Che le coppe sieno perfettamente uguali in peso, ed in superficie, e che applicate alla spranga la tengano in sito orizzontale.

35. Non è cosa facile il proccurarsi una bilancia che regga alle precedenti condizioni; e qualora si potrà avere riuscirà costosa e non a portata di tutti per la spesa; perciò crediamo opportuno di dare la descrizione di una bilancia di gran precisione, e di una semplicissima e facile costruzione, e quindi di poco costo, stabilita su i principii poc' anzi accennati per la leve: essa è estratta da una lettera del *D.r Blanch a M.r Smithson (annales des philosophie novelle serie)* « L'apparecchio di cui mi servo per pesare dei piccoli globbetti di » metallo; o altri oggetti simili è costruito della maniera seguente. Prendo una lastra sottile di legno di abete della » spessezza di $^2/_3$ di linea soltanto; lunga un piede, larga nel » mezzo di 0. 3 di pollici, e di 0. 15 di pollice a ciascun » estremo, la divido mediante linee trasversali in venti parti » uguali, vale a dire dieci parti da ciascun lato, incominciando dal mezzo. Queste sono le divisioni principali, e ciascuna la suddivido in metà, ed in quarte parti. Nel mezzo situo per servire di asse un ago dei più fini che posso proccurare, e che adatto sulla piccola lastra con un poco di cera di » spagna. I numeri delle divisioni partono dal mezzo e vanno a terminare agli estremi. Il *fulcrum* o sostegno è una » piastra di rame, che poggia in piano su di una tavola, ed » è piegata ad angolo retto in modo che i suoi due estremi » s'innalzano verticalmente. Essi sono arrotati su di una pietra perfettamente piana e di grana finissima, acciò le due » sue superficie sieno levigate, e perfettamente nel medesimo » piano. Dippiù gli estremi rivoltati sono bastantemente lontani, acciò qualora l'ago è in sito vi resta uno spazio bastante tra essi e la piastra di legno, onde questa potesse

» girare liberamente. La loro elevazione dalla superficie della
» tavola è di un decimo e mezzo a due decimi di pollici, in
» modo che il movimento della piccola piastra trovasi limi-
» tato a pochissima cosa. I pesi di cui mi servo sono un glo-
» betto di oro che pesa un grano, e due o tre altri che pesa-
» no ciascuno un decimo di grano. Mi servo ancora de' pic-
» coli anelli di filo di ottone sottile, fatti col metodo di M.r
» Lewis. Questo metodo consiste a dare al filo di ottone la
» forma di una spirale, aggirandolo su di un filo metallico di
» un diametro più grande, e ben calibrato; allorchè le estre-
» mità della spirale sono state ben fissate sul cilindro metalli-
» co, chiudo bene questo ultimo in una morsa; poi con un
» coltello ben tagliente, che applico nel senso longitudina-
» le del cilindretto, battendo con un martello, taglio in un
» sol colpo una quantità di piccoli anelli che sono esattamen-
» te uguali tra essi. Quelli di cui mi servo sono la trentesi-
» ma parte di un grano, ovvero 300 pesano dieci grani, e ne
» ho altri più leggieri.

» È facile vedere che per mezzo di questi pesi collocati
» nelle diverse divisioni della spranga, posso conoscere il pe-
» so delle più piccole masse, da un grano o poco più fino
» ad $\frac{1}{1200}$ di grano. Dappoichè se l'oggetto, di cui voglio co-
» noscere il peso, pesa un grano, collocandolo ad una delle
» estremità della spranga equilibrerà il grosso peso di oro si-
» tuato all'estremità opposta; se pesa un mezzo grano, equi-
» librerà il medesimo peso situato al n.° 5; se pesa 0. 6 di
» grano l'equilibrio si avrà situando il grosso peso di oro al
» n.° 5, ed uno dei più leggieri all'estremità; finalmente se
» pesa uno, due, tre, o quattro centesimi di grano, farà
» equilibrio con uno de' piccoli pesi di oro situati alla pri-
» ma, seconda, terza, o quarta divisione; se al contrario pe-
» sa un grano ed una frazione, sarà equilibrato dal grosso pe-
» so di oro situato all'altra estremità, e da uno o più de' pic-
» coli pesi situati su di un altra divisione della spranga.

« Questa bilancia mi ha servito finora per tutte le mie ope-
» razioni; ma bisognandomene una più delicata, potrei farla
» facilmente impiegando una spranga di legno più leggiera
» e più sottile ed un ago più fino. Sarà anche facile aggiu-
» starci de' piccoli piatti di carta, onde posarci gli oggetti
» con maggior comodità. »

Anche con una bilancia, le di cui braccia sieno disuguali in lunghezza ed in peso, si può rinvenire il peso di un corpo. Si mette il corpo in una coppa della bilancia e si equilibra esattamente mettendo nell'altra coppa de' pezzettini di piombo, o altri corpi; allorchè l'equilibrio si è ottenuto, si toglie il corpo dalla coppa della bilancia, e vi si sostituiscono dei pesi conosciuti, fino al ristabilimento completo dell'equilibrio. Questi pesi indicano il peso del corpo, poichè ugualmente che il corpo fanno equilibrio alla stessa quantità di materia. Questo metodo detto *de' doppi pesati* è dovuto a Borda, e non esige verun calcolo: si usa sempre che si sospetta dell'inesattezza della bilancia, o che si voglia usare maggior diligenza nel determinare il peso di un corpo.

Girelle.

36. La girella, o carrucola non è altro che un cilindro di legno o di metallo di molta base e piccola altezza, scannellato nella sua parte curva, in modo che possa adattarvisi una corda ed è attraversato nel suo centro da un asse anche di legno o di metallo. Se quest'asse è fisso la girella prende il nome di girella fissa, e non può avere che il solo movimento di rotazione intorno al suo asse; se poi l'asse ha un movimento nello spazio la girella chiamasi girella mobile, e non solo ha un movimento di rotazione, ma ancora un movimento nello spazio.

37. *Girella fissa.* Nella girella fissa ABD (Fig. 12) adattata nella sua scannellatura una corda flessibilissima PDBAR la quale abbraccia una porzione della circonferenza; applicata

all'estremità P una potenza, ed all'altra R la resistenza, queste agiranno nelle direzioni delle tangenti; i punti principali di azione sì della potenza che della restistenza sulla girella sono gli ultimi punti di contatto della corda colla girella; or se a questi punti si tirano dal centro O della girella i due raggi OD ed OA; si ravviserà in essa la stessa azione della leva di primo genere; ed è patente che vi sarà equilibrio soltanto qualora la potenza sarà uguale alla resistenza, perchè in tal caso soltanto la risultante passerà pel centro della girella e verrà distrutta dalla resistenza dell'asse; e nel caso che le direzioni della poteuza, e della resistenza sono parallele, l'asse soffre uno sforzo uguale alla loro somma.

Per mezzo di un numero di girelle fisse si può trasmettere l'azione di una potenza da una direzione in un altra, disponendole in modo che la corda potesse passare per le rispettive gole; nel qual caso son chiamate girelle o carrucole di rinvio.

38. Con due girelle fisse aderenti tra loro e di differenti raggi si possono sollevare dei grossi pesi economizzando la potenza; ligando uno degli estremi della corda al peso che si vuole sollevare, e l'altro estremo in un punto della scannellatura della girella di piccol raggio, e facendo agire una potenza sulla periferia della girella di maggior raggio, così il braccio della potenza, che viene rappresentato dal raggio della girella di maggior diametro, offre una lunghezza maggiore del braccio della resistenza, ch'è rappresentato dal raggio della girella di piccol diametro; e perciò per uguagliare i momenti statici, onde ottener l'equilibrio, è necessario che il prodotto della potenza pel raggio della girella grande uguagli il prodotto della resistenza pel raggio della girella piccola; ovvero che la potenza e la resistenza sieno nella ragione inversa de'raggi delle pulegge su cui fanno azione. Questa macchina è modificata in pratica, mettendosi d'ordinario una ruota in luogo della girella grande, ed in vece della girella piccola un cilindro; come si può osservare nella (Fig. 13)

39. *Girella libera.* Or supponiamo una girella perfettamente libera FG (Fig. 14) alla quale sia adattata nella sua scannellatura una corda flessibilissima CFGP, di cui una delle estremità C sia legata ad un ostacolo invincibile, ed all'altra faccia azione una potenza P. Se all'asse della girella si adatta un peso, o in generale una resistenza R, è chiaro che tirati i raggi OF ed OG dal centro O della girella ai punti F e G di ultimo contatto della corda colla girella, essi marcheranno in detta girella una leva di secondo genere; di cui il punto di appoggio è all'estremo F del raggio OF, che corrisponde all'estremo della corda legata all'ostacolo invincibile; nel centro O della girella il punto di applicazione della resistenza, e nel punto G che corrisponde all'estremità della corda ove sta applicata la potenza, il punto di applicazione della potenza. Or congiunti i punti F e G colla corda FG, questa contrassegnerà la lunghezza del braccio della potenza, ed OF il braccio della resistenza; e perciò vi sarà equilibrio qualora la potenza sarà alla resistenza come FO : FG. Nel caso che le forze fossero in direzioni parallele, ch'è il caso più favorevole alla potenza, il braccio della potenza verrà rappresentato dal diametro, (come nella Fig. 15), che essendo doppio del raggio, l'equilibrio verrà stabilito con impiegare una potenza uguale alla metà della resistenza.

40. Dalla connessione di diverse pulegge in vario modo disposte si hanno de' sistemi di pulegge impiegate o a far cambiare la direzione della forza, o ad agire su grandi masse adoperando delle piccole forze. Tra questi sono di un uso ordinario le taglie (Fig. 16.) che sono de' sistemi formati da girelle fisse e mobili disposte in modo che la corda passi consecutivamente da una girella fissa ad una mobile, ripetendo lo stesso per due o tre volte; e siccome è dimostrato che qualora una forza agisce sopra di una corda passata per la scannellatura di una girella mobile, e che le direzioni della corda sieno parallele, può fare equilibrio ad una resistenza doppia; e se queste girelle sono al numero di due o tre, si ha questo

vantaggio duplicato o triplicato. Talmenteche impiegando si un n.° *n* di girelle mobili ed altrettante girelle fisse, disposte in modo che le porzioni della corda che passa per le rispettive gole sieno parallele tra loro; sarà il rapporto della potenza alla resistenza come 1 : $2 \times n$. Queste girelle sono disposte in vario modo nella composizione delle taglie; può consultarsi per maggiori dilucidazioni su tal particolare il Trattato delle macchine di *Hachette Cap. III.*

Piano inclinato.

41. Un corpo libero e pesante per essere sostenuto ha di bisogno di una forza che possa equilibrare il proprio peso. Ma qualora questo corpo trovasi situato su di un piano inclinato gli viene impedita la libera caduta in direzione verticale, e non può fare altro che sdrucciolare, o rotolare sul medesimo; perciò la forza di gravità che l'anima al movimento verticale viene in parte equilibrata dalla resistenza del piano inclinato. Di fatti se il corpo ABCD (Fig. 17) è posto sul piano inclinato EF, e dal centro di gravità H si abbassa la verticale HL questa indicherà la direzione e l'intensità della forza che animerebbe il corpo, e che seguirebbe se non fosse situato sul piano inclinato. Or potendosi questa forza dividere in due, cioè una come HM in direzione perpendicolare al piano inclinato, e l'altra HN parallela al medesimo piano, è chiaro che la forza HM è distrutta dalla resistenza del piano, ed il corpo viene animato dalla sola forza HN. Da ciò si deduce, che la forza di gravità che anima il corpo libero, stà a quella che lo mette in movimento sul piano inclinato, come HL : HN. Ma per la simiglianza dei triangoli HNL ed EGF si ha HL : HN = EF : EG; perciò l'intensità della forza di gravità stà all'intensità della forza che anima il corpo sul piano inclinato, come la lunghezza del piano inclinato alla sua elevazione; e conseguentemente la forza che bisogna per equilibrare un corpo libero, stà alla forza che bisogna

per equilibrarlo sul piano inclinato, come la lunghezza del piano alla sua elevazione; questo rapporto è esatto qualora la forza opera in direzione parallela al piano inclinato. Si vede dunque che coll'ajuto del piano inclinato possiamo innalzare dei grandi massi adoperando una forza molto inferiore di quella, che bisognerebbe per innalzarli direttamente; particolarmente qualora si può dare al piano inclinato una grande lunghezza o in linea retta o in linea curva a discapito della sua inclinazione. Si vuole che col piano inclinato gli Egiziani sollevavano i grandi massi di alcuni loro edifizi; e le strade a montare comodamente su siti elevati ne dimostrano la possibilità.

42. Le altre macchine semplici come viti, cunei ecc. non essendo che delle modificazioni delle già descritte, ci asteniamo parlarne; potendosi e le loro teorie, che il calcolo de'risultamenti delle loro azioni desumere da ciò che si è detto per le precedenti.

Tutte queste macchine sono gli elementi delle macchine composte, potendosi nella loro connessione disporre in corrispondenza del bisogno.

43. Lo studio delle macchine e molto più l'esperienza nel loro maneggio, ci fa conoscere che esse non possono crear forza, e non essere che intermedi inerti tra la potenza e la resistenza; anzi al contrario consumano una parte della forza motrice per l'attrito e per altre cause. Servono però ad accrescere a piacimento gli effetti della forza motrice, e metterla nel caso di superare i maggiori ostacoli con far crescere nella stessa proporzione il tempo impiegato pel lavoro; possono al contrario accorciare il tempo del lavoro accrescendo l'intensità della forza; possono render uniforme il lavoro anche nel caso che la potenza fosse variabile; possono produrre un movimento alternativo con una forza continua; e finalmente possono far sostituire all'azione diretta degli uomini non solo quella degli animali, ma ancora quelle di potenze inanimate, come corso di acqua, vento, vapore, pesi ecc.

44. In ultimo è necessario avvertire che le condizioni di equilibrio che abbiamo esposto sono basate sulla supposizione, che la trasmissione della forza si faccia liberamente in ciascuna macchina, senza aver riguardo ad altra resistenza all'infuori di quella che si vuole vincere. Ma in pratica s'incontrano diversi ostacoli dipendenti dalla costituzione fisica dei corpi che s'impiegano, i quali introducono nelle condizioni dell'equilibrio e del movimento degli elementi tutti nuovi: I più ordinari sono che le corde le abbiamo supposte perfettamente flessibili, il che non lo sono, le leve perfettamente rigide, e queste sono più o meno flessibili, non abbiamo supposto alcuna distrazione di forza per lo strofinio dei corpi, il che è impossibile. Perciò per avere in pratica le condizioni effettive dell'equilibrio e del movimento, bisogna aver riguardo a tutte queste cause, ed introdurre delle correzioni nel calcolare i risultati; quali correzioni debbono essere suggerite dall'esperienza, perchè esse dipendono dalla costituzione fisica de'corpi, e da circostanze particolari, che accompagnano ciascuna macchina.

CAPITOLO V.

DELL' EQUILIBRIO DE' FLUIDI.

45. Le leggi poc'anzi stabilite per l'equilibrio, e pel movimento riguardano precisamente una classe di corpi detti solidi, le di cui molecole sono aderenti ed invariabilmente legate tra loro, a differenza di quei corpi detti fluidi, che sono caratterizzati dalla perfetta mobilità reciproca delle loro particelle, talmenteche ogni piccola pressione esercitata sopra di una molecola è sufficiente per ispostarla e trasmettere questa pressione senza alterazione a tutte le molecole del fluido; essendo questo il loro carattere essenziale meccanico che li distingue, come si osserva nell'acqua, alcool, olio, aria atmosferica ecc; tutte le proprietà dei fluidi in equilibrio sono

*

delle conseguenze di questo principio fondamentale. Perciò è necessario precisare le leggi che riguardano questa classe di corpi, la quale è soggetta ad una suddivisione, cioè in fluidi liquidi, distinti una volta col nome di fluidi incompressibili ed in fluidi gassosi o aeriformi. (1)

16. Dalla perfetta mobilità reciproca delle particelle de'fluidi, ne risulta; che se una massa liquida è in equilibrio ciascuna molecola deve produrre in ogni verso alle molecole vicine pressioni, uguali ed opposte, e perciò lo stesso strato orizzontale di molecole è soggetto alla stessa pressione in tutt'i suoi punti, e preme uniformemente i strati sottoposti. L'uniformità di pressione in tutt'i punti assistita dalla perfetta mobilità reciproca delle particelle di un liquido, è tale che la risultante delle forze che agiscono su ciascuna molecola è nella direzione della verticale, ed è perpendicolare alla superficie superiore del liquido; dal che ne avviene che la superficie di un liquido in equilibrio è perpendicolare in ciascuno de'suoi punti alla direzione della verticale, e perciò un liquido contenuto in un vase è terminato da superficie piana orizzontale. Di fatti allorchè un liquido è posto nel vuoto, la sua superficie non soffre alcuna pressione, perchè non ha niente che lo sovrasta, e le sue particelle non sono animate, che dalla sola gravità ch'è uguale in ciascuna di esse, e perciò si soprapporranno in modo da formare una superficie orizzontale. Qualora poi il liquido è situato nell'atmosfera, la massa di aria che lo

(1) La distinzione, usata dai Fisici, tra i corpi in solidi, liquidi, e gassosi è comodissima in pratica, ma non è precisa in teoria; dappoicchè quasi tutt'i corpi possono offrire questi diversi stati, coll'aggiunzione o sottrazzione di diverse quantità di calorico, come faremo conoscere allorchè parleremo dell'influenza del calorico su i corpi: talmenteche possiamo conchiudere che la solidità, la liquidità, e lo stato gassoso non possono considerarsi come caratteri di distinzione tra i corpi; ma come semplici modificazioni, che presenta il corpo in corrispondenza della temperatura in cui si trova.

sovrasta, essendo pesante come si dimostrerà in appresso, la sua superficie libera è gravata da tutto il suo peso, ed allorchè questa pressione è costante ed uniforme in tutt'i suoi punti, il liquido è in equilibrio, e la sua superficie è orizzontale. Dal che si deduce il teorema principale d'idrostatica, ch'è il seguente. *Per essere un liquido in equilibrio bisogna che la sua superficie sia orizzontale.* (1)

L'anzidetto teorema conserva la sua esattezza qualunque sia la forma del recipiente ove è contenuto il liquido, e qualunque divisione vi sia nel suo interno; basta che queste divisioni abbiano comunicazioni tra loro, come ancora ha luogo se in un liquido s'immergono de'tubi non capillari, di diversi diametri aperti nell'uno e nell'altro estremo, osservandosi, nell'interno di essi, il liquido allo stesso livello del liquido esteriore. Per conseguenza un liquido deve essere allo stesso livello nelle due braccia di un tubo curvo, aperto alle sue estremità, qualunque sia la curvatura, e qualunque sia la diversità nella forma, e nel diametro delle sue braccia.

47. I margini dei fiumi d'ordinario si trovano formati di

(1) Le teoriche fondamentali d'idrostatica furono dettate per la prima volta dal celebre matematico Siracusano Archimede, che visse circa due secoli prima dell'era cristiana. Di fatti il suo trattato *De incidentibus umido* contiene le due proposizioni seguenti che servono di base a questa teoria. 1. Le parti di un liquido le meno premute sono spinte da quelle che lo sono di più, e ciascuna è spinta dal peso della colonna fluida che la sovrasta verticalmente. 2. Tutto ciò che è spinto da un liquido lo è sempre seguendo la verticale che passa pel suo centro di gravità.

Se a questi due principi, dimostrati coll'esperienza nella citata opera, si aggiunge un terzo, conseguenza dei precedenti, che consiste nell'uguaglianza di pressione in tutte le direzioni; val quanto dire che una pressione comunque venghi applicata su di un punto della superficie di un liquido, si trasmette ugualmente in tutti gli altri punti; possiamo convenire che l'idrostatica sul piede attuale poggia su questi tre principi.

materie penetrabili dall'acqua, perciò si trovano sempre nelle sue vicinanze delle acque sotterranee che sono allo stesso livello di quelle dei fiumi.

Le acque galleggianti di Modena, su cui il celebre Ramazzini medico e fisico fece una elegante dissertazione, inserita nelle sue dissertazioni medico-fisiche, che in altro tempo mossero sorpresa; ed i pozzi artesiani che tanto romore hanno menato in Francia sono basati su questi principi.

48. I liquidi di diversa densità, non mescibili tra loro, situati nello stesso vase si soprapporranno l'uno sull'altro nel rapporto delle loro densità, ed essi sono in equilibrio se le superficie che li separano sono orizzontali. Posto in un vase del mercurio dell'acqua, e dell'olio, liquidi non mescibili; si osserverà che il mercurio, perchè più denso, occuperà il fondo del vase, l'acqua si soprapporrà al mercurio, e l'olio all'acqua; e nello stato di equilibrio si osserveranno come separati da piani perfettamente orizzontali, e perciò paralleli tra loro.

Se due di questi liquidi di diversa densità s'introducono l'uno dopo l'altro nelle braccia di un tubo curvo, le altezze de'loro livelli misurate dal piano di separazione dei due liquidi, dovranno essere in ragione inversa delle loro densità per dirsi in equilibrio. Così se s'introducono nel sifone ABCDE (Fig. 18.) dell'acqua e del mercurio; stando la densità del mercurio a quella dell'acqua = 13. 586 : 1; perciò l'altezza DM del livello del mercurio introdotto in un braccio del sifone, deve stare all'altezza BA del livello dell'acqua posta nell'altro braccio, misurata ciascuna di queste altezze dal piano orizzontale BD di separazione dei due liquidi = 1 : 13, 586 per potersi dire in equilibrio. Negli antichi gabinetti di fisica vi sono degli areometri a sifone fondati su questo principio, i quali sono in disuso perchè i loro risultati sono inesatti.

Abbiamo detto che nello stato di equilibrio le superficie che separano i liquidi di diversa densità sono orizzontali. Dal che facilmente si può dedurre che in un liquido qualunque, nello

stato di equilibrio, le molecole poste nello stesso piano orizzontale soffrono la stessa pressione.

Pressione dei liquidi sulle pareti del vase.

49. Ciò che abbiamo detto relativamente all'ugualianza di pressione in tutt'i punti del liquido ha rapporto alle pressioni esteriori esercitate sul liquido da una forza qualunque; ma il liquido agendo pel proprio peso fa sì che i strati sottoposti vengono premuti dai strati superiori, e tale pressione si accresce a proporzione che si approssima alla base; o meglio a proporzione che si scosta dal livello del liquido. Di fatti se si praticano alle pareti di un vase ripieno di liquido delle aperture a diverse altezze, il liquido scorrerà per dette aperture con velocità tanto maggiore a proporzione che l'apertura è più discosta dal livello del liquido. Da ciò si deduce che la pressione è varia nei diversi strati della massa liquida; essendo più grande su strati posti verso il fondo che su quei posti verso la superficie superiore del liquido; su di un medesimo strato orizzontale è la stessa, ma tra questo e lo strato sottoposto differisce del peso dello strato superiore. Perciò la diversa pressione esercitata da una massa liquida su di una unità di superficie qualunque non dipende, che dalla diversa altezza della colonna di liquido che sovrasta questa unità, ed è indipendente dalla forma del vase. La pressione p di un liquido in equilibrio è dovuta all'azione della gravità; ed è perciò proporzionale all'intensità g di questa forza, alla densità d del liquido, ed all'altezza h corrispondente alla distanza tra il livello superiore del liquido, ed il piano orizzontale in cui si trova l'unità di superficie su cui viene esercitata la pressione; perciò si può stabilire $p = gdh$. Or se il vaso che contiene il liquido ha un fondo di un estensione b di unità di superficie, ed è situato ad una profondità h al di sotto del livello superiore del liquido; la pressione totale P esercitata su questo

fondo sarà espressa da $P = pb$, o $P = gdhb$, qualunque sia la forma e la disposizione delle pareti laterali del vase.

Possiamo esser convinti di ciò mediante il seguente ragionamento stabilito su principi di fatto. Se nel vase CDEF (Fig. 19.) ripieno di un liquido qualunque faccia azione sulla superficie del liquido per la sua apertura la colonna liquida ABGH, la sua azione non si determina esclusivamente nella direzione della verticale, facendo azione soltanto sulla porzione MN della base, ma agisce uniformemente su tutt'i punti della parete: dimodochè la porzione del fondo MN su cui agisce la colonna liquida in direzione verticale è pressata dal peso della colonna liquida AMNH, e similmente preme in tutto il resto della parete; l'equilibrio sussisterà sì quando la pressione è affidata alla solidità della parete, che quando si facesse in MN un foro a cui si adattasse uno stantuffo ritenuto da una forza uguale alla pressione; e qualora nel fondo vi fossero due o tre di queste aperture della stessa grandezza MN alle quali fossero adattati dei rispettivi stantuffi, trasmettendosi la pressione in tutte le direzioni, l'equilibrio sussisterà se ciascuno di detti stantuffi sarà spinto da una forza uguale alla pressione di una colonna di liquido simile alla precedente; e se in vece del fondo DE del vase vi fosse la base di uno stantuffo, questo dovrebbe esser premuto con tanta forza da uguagliare il peso di una colonna di liquido che ha per base la base dello stantuffo, che corrisponde a quella del vaso, e per altezza l'altezza del livello del liquido. Locchè dimostra ad evidenza che la pressione esercitata da un liquido sul fondo di un vase corrisponde al peso di una massa di liquido che ha per base il detto fondo e per altezza l'altezza del livello del liquido; sia qualunque la conformazione del vase, e la diversità di diametro nei diversi punti della sua altezza.

50. Or dunque se si prendono diversi vasi della stessa altezza i di cui fondi sieno uguali in superficie, tutti situati sullo stesso piano orizzontale; dei quali alcuni della forma di un ci-

lindro retto o obliquo, altri di un cono tronco, poggiati e colla piccola e colla grande base, come sono rappresentati dalle Fig. 20. 21. 22. 23. essendo ripieni dello stesso liquido i loro fondi soffriranno la stessa pressione. Talmente che se i loro fondi si fanno comunicare i livelli rimarranno alla stessa altezza. Può rendersi sensibile questo nell'osservare, che un liquido introdotto nelle braccia di un tubo curvo si mette allo stesso livello, non ostante che i diametri delle braccia sieno disugualissimi; locchè dimostra che le pressioni operate da masse liquide disugualissime, contenute nelle due braccia del tubo, si equilibrano, perchè agiscono sulla medesima base, ch'è la sezione intermedia alle due braccia del tubo.

51. Questa verità dimostrata per la prima volta dal celebre Pascal viene conosciuta col nome di *paradosso idrostatico*; essa ha dato luogo a qualche sperimento sorprendente. Così se si riempie una botte ABDC di un liquido qualunque, (Fig. 24.) e in un buco F praticato in uno de' suoi fondi rivolto in alto, si adatta un tubo FG, del diametro di due o tre linee, e di una certa lunghezza, che comunica coll'interno della botte; riempito questo tubo di liquido, la botte si creperà; perchè la base AB della botte è incapace a sostenere una pressione corrispondente al peso di una colonna dello stesso liquido che ha per base il detto fondo e per altezza la distanza dal detto fondo al livello del liquido posto nella sommità del tubo; val quanto dire una massa liquida ABLH. Questo stesso principio è stato applicato utilissimamente alla costruzione delle presse idrauliche di cui parleremo dopo di aver parlato delle trombe.

52. Non bisogna confondere la pressione esercitata dal liquido sul fondo del vase con quella prodotta dal vase sul piano orizzontale che lo sostiene e che l'impedisce di cadere; quest'ultima è uguale in tutt'i casi al peso della materia solida da cui è formato il vase, più il peso del liquido che contiene.

Le pressioni che soffrono le pareti oblique o verticali si possono dedurre col concepire tutt'i loro punti premuti da forza

perpendicolare eguale al peso de' filetti liquidi che verticalmente si abbassano dal livello del liquido ne' diversi punti della parete. Questi filetti avendo altezze decrescenti a proporzione che i punti della parete si avvicinano al livello del liquido; perciò le pressioni minorano allo stesso modo, talmenteche i punti più prossimi al livello soffrono pressioni più piccole, e quelli in vicinanza del fondo più grandi. La valutazione della pressione dell'acqua è di molta importanza nelle costruzioni idrauliche come nelle arginature dei fiumi, nei condotti di acqua, nelle pareti delle vasche; dovendo essere tanto più resistenti quanto è più alta la scaturigine, o il serbatojo.

53. Dalla perfetta mobilità delle particelle de' liquidi ne risulta altresì che se si decompone la pressione esercitata in ciascun punto di una parete in due forze, una orizzontale, e l'altra verticale, le forze orizzontali di un medesimo livello si distruggono; e questo fa si che galleggiando un vaso che contiene un liquido resta in riposo; ma se si pratica un buco in una delle pareti, la pressione divenendo nulla in questo punto, il vase è spinto in senso contrario alla direzione dello scolo, per effetto della pressione che il liquido interno esercita sulla parete opposta all'apertura. Parimente se si sospende il vase B (Fig. 26) ripieno di un liquido qualunque ad un cordino di lino o di seta, avendo in prossimità della base saldati due tubi A e C, che comunicano con l'interno del vase, i di cui estremi sono forniti di rubinetti, e piegati nella sezione orizzontale ad angolo retto in senso opposto: stando il vase in perfetto riposo, se mai si aprono i rubinetti, nello scorrere il liquido per le estremità de' tubi, il vase acquisterà un movimento di rotazione per l'urto che il liquido produrrà su i punti delle pareti del tubo opposti alle aperture.

Immersione de' solidi ne' liquidi.

54. Se da una massa liquida ne supponiamo separata una

porzione di forma qualunque coll'immaginazione ; stando il liquido in equilibrio, questa starà in quiete, e persisterà in questo stato ancora se questa porzione la crediamo solidificata; perciò il peso di questa parte è equilibrata dalla pressione del liquido che la circonda; cosicchè mentre il liquido posto al di sopra cerca di spingerla in giù; quello posto al di sotto tenta di portarla in sù; parimenti disimpegnano un'azione opposta ed uguale le porzioni laterali. Perciò possiamo dire che la parte isolata e spinta dal basso in alto con forza uguale al peso di detta porzione, più la pressione operata dal liquido soprapposto; e da alto in basso con una forza uguale al peso del liquido soprapposto; val quanto dire che la pressione da basso in alto è maggiore della pressione operata dal liquido soprapposto per quanto è il peso della porzione isolata. Or se si suppone il peso della porzione accresciuto, o minorato; o pure in vece della porzione di liquido separata, si suppone un corpo solido il di cui peso sia maggiore, o minore di un'ugual volume di liquido; nel qual caso, la forza prodotta dal peso del corpo, non essendo più la stessa, l'equilibrio verrà distrutto, e discenderà nel fondo del liquido se il peso del corpo solido sarà maggiore di un ugual volume di liquido, e salirà se il peso del corpo solido sarà minore del peso di un ugual volume di liquido; e la forza che lo farà muovere non sarà corrispondente al peso totale del corpo, ma corrispondente alla differenza tra questo peso e la differenza delle due pressioni verticali opposte, ovvero tra il peso del corpo ed il peso di un ugual volume di liquido. Dal che si deduce 1.° Che un corpo solido immerso in un liquido il di cui peso sia maggiore del peso di un volume di liquido uguale al suo, per impedirgli la discesa nel fondo del liquido, bisogna che sia sostenuto da una forza corrispondente alla differenza tra il suo peso e quello di un uguale volume di liquido in cui è immerso. Val quanto dire che un corpo solido immerso in un liquido perde tanto di peso, per quanto è il peso del liquido che scaccia. Questa verità idrostatica fu

scovertà dal celebre matematico Siracusano Archimede, e perciò porta il nome di *principio d'Archimede*; su di ciò è stabilita la teoria e l'uso della bilancia idrostatica.

Il seguente sperimento renderà evidente tale verità. Se si adatta sotto la coppa A (Fig. 26) di una bilancia esatta un cilindro B di metallo massiccio, e sulla stessa coppa si pone un cilindro vuoto C di capacità esattamente uguale al volume del cilindro pieno; stabilito l'equilibrio con dei pesi posti nella coppa opposta, se si fa immergere il cilindro pieno nell'acqua l'equilibrio, si turba, e si può ristabilire, riempiendo di acqua il cilindro vuoto posto sulla coppa, il di cui volume è uguale esattamente al volume del liquido scacciato dal cilindro pieno, immerso nell'acqua.

2.° Se il corpo pesa quanto un ugual volume di liquido, resterà in equilibrio nel liquido, e nuoterà andando in ogni posizione e ad ogni profondità.

3.° Se il corpo pesa meno di un ugual volume di liquido, la forza prodotta dal suo peso sarà superata dalla forza verticale da basso in alto, e questa eccedenza farà risalire il corpo verso il livello del liquido; e per mantenerlo immerso vi bisognerà una forza che agisca sul corpo da alto in basso uguale a questa eccedenza; ed abbandonato a se stesso nel liquido, una parte del suo volume uscirà dal liquido; immergendosi il corpo nel liquido per tanto da scacciare una porzione di liquido uguale al suo peso. Vale a dire che in tutt'i corpi galleggianti, il peso totale del corpo è uguale a quello del volume di liquido spostato. Dal che ne risulta che lo stesso corpo scaccerà un volume di liquido maggiore, e per conseguenza s'immergerà di più in un liquido meno denso, che in un liquido più denso. Su tale principio è stabilita la teoria degli areometri.

55. La posizione che il corpo galleggiante prende in un liquido nello stato di quiete, non solo è determinata dalla quantità di liquido scacciata uguale al suo peso; ma ancora che il centro di gravità del corpo deve stare al di sotto, e nella stessa verticale

del centro di gravità del volume di liquido scacciato; quest'ultimo punto vien distinto col nome di centro di pressione.

56. Sovente siamo necessitati di far galleggiare in un liquido un corpo di una data forma, ed in una posizione determinata; questo si ottiene caricando la parte inferiore del corpo galleggiante di tanta quantità di materia più densa della sua, fino a che il centro di gravità della massa totale sia portato al di sotto del centro di pressione. Crediamo opportuno in questo luogo far conoscere, che il peso di un corpo determinato nell'aria va soggetto a correzione; perchè, essendo circondato da questo fluido, perde tanto del suo peso reale, quanto è il peso di un volume di aria che scaccia. Perciò si ha un errore in meno allorchè la sua densità è minore di quella dei pesi posti nell'altra coppa; ed in più allorchè la sua densità è maggiore di quella dei detti pesi.

Compressibilità de' liquidi.

57. Gli Accademici di Firenze fin dal 1650 si occuparono di riconoscere la compressibilità de' liquidi. A tal' oggetto presero una sfera di oro che riempirono esattamente di acqua, e saldarano la sua apertura. Or siccome tra le figure solide la sfera è quella che sotto la stessa superficie contiene maggior solidità; perciò l'assoggettarono sotto forte pressione, acciò cangiando di figura minorasse di volume; osservarono che il liquido si faceva strada attraverso i pori del metallo; dal che conchiusero che l'acqua non era compressibile.

La maggior parte de' Fisici non si adattarono al parere degli Accademici di Firenze; fondandosi sulla proprietà che ha l'acqua di trasmettere il suono, locchè prova la sua elasticità, che non va mai scompagnata dalla compressibilità. Numerosi sperimenti furono fatti in diversi luoghi, ma non essendo stati eseguiti in modo da rendere i risultati indipendenti dalla dilatazione del vase (1), ne seguiva che la diminuzione apparente

(1) E facile dimostrare in queste esperienze la dilatazione del

del liquido non si poteva attribuire completamente alla sua compressione.

58. L'apparecchio di Kanton va esente da tale inconveniente; esso consiste in un tubo di termometro graduato, nel quale è introdotto un liquido qualunque; la colonna liquida è terminata da una goccia di olio colorito servendo di indice. Si situa questo tubo aperto sotto la campana della macchina pneumatica e vi si opera il vuoto; si osserva esattamente l'altezza del liquido, e quindi si lascia entrare l'aria colla maggior sollecitudine; si osserva che il liquido si abbassa di una quantità sensibilissima; tale abbassamento è dovuto senz'altro alla compressibilità del liquido, non potendosi sospettare dilatazione nel tubo, essendo ugualmente premuto dall'aria tanto al di fuori che al di dentro. Mediante questo sperimento Kanton ottenne la minorazione di 0. 000046 del volume primitivo mediante la pressione di una atmosfera.

Perkins in Inghilterra, mediante sperimenti ingegnosi assoggettò l'acqua alla pressione di molte atmosfere, ed i suoi risultati si approssimano a quelli di Kanton.

59. Oerstedt ha immaginato un altro apparecchio che si compone da un tubo di vetro graduato stretto terminato in un

vase e per conseguenza l'aumento nella sua capacità; riempiendo una pallina di vetro terminata da un tubo strettissimo di un liquido qualunque, la quale si assoggetta all'azione del calore di tanto da far ascendere il liquido fino alla sommità del tubo; avendo cura in questo stato di chiudere l'estremità del tubo al cannello fusorio; lasciando il vase da parte per poco tempo, il liquido contenutovi, si restringerà, ed occuperà lo spazio primitivo, lasciando sopra di se uno spazio vuoto di aria. Or se questo vase si assoggetta sotto la campana della macchina pneumatica, si osserva che il livello del liquido si abbassa allorchè si fa il vuoto; locchè indica che il vase si dilata per la sottrazione della pressione esteriore; se si fa rientrare l'aria nella campana, il livello del liquido si eleva pel restringimento prodotto dalla rinnovazione della pressione atmosferica sulle pareti del vase.

estremo da un recipiente anche di vetro, e dall'altro estremo a forma d'imbuto, la di cui capacità sia conosciuta, e conosciuto puranche il rapporto di capacità di una delle sue divisioni con quella del recipiente. Riempito il recipiente ed il tubo del liquido che si vuole sperimentare; vi si versa al di sopra una piccola gocciolina di mercurio che, attesa la picciolezza del diametro del tubo, segue tutt'i movimenti del livello del liquido. Quest'apparecchio s'immerge in un cilindro di cristallo molto consistente che si riempie di acqua; su questo bagno si fa agire uno stantuffo che viene compresso mediante una vite di pressione. Un termometro ed un manometro ad aria, immersi nell'acqua del cilindro, indicano la temperatura dell'esperienza, e la pressione esercitata dallo stantuffo. Ritrovò la compressibilità di un volume di acqua per l'azione di un atmosfera di 0. 000045.

60. I signori Sturm e Callondn hanno modificato quest'apparecchio onde poter esercitare delle forti pressioni; ed hanno sostituito all'indice di mercurio una bolla di aria o di carburo di solfo; avendo corretto i risultati dalle variazioni di volume prodotti da cangiamenti di temperatura, e dalla diminuzione del volume dell' inviluppo solido, hanno rinvenuta la compressibilità cubica media del mercurio per l'aumento di pressione di un atmosfera 0. 00000338, quella dell'acqua di 0. 00004955, quella dell'alcool 0. 00009165, e quella dell'etere solforico 0. 00012665.

Gli sperimenti da cui sono stati dedotti i risultati medii indicati sono stati eseguiti sotto le pressioni fra zero e venti atmosfere.

Dietro ciò la compressibilità dei liquidi resta dimostrata; essendosi osservato che il mercurio è meno compressibile dell'acqua, e questa meno dell'alcool e dell'etere.

CAPITOLO VI.

MOVIMENTI DE' LIQUIDI.

61. Il movimento dei liquidi forma lo studio di quella parte della meccanica detta idrodinamica. La meccanica razionale presenta una imperfezione in questa parte che tanto interessa l'architettura idraulica; dapoichè considera i liquidi come fluidi perfetti, ed incompressibili; e non considera la viscosità di cui sono più o meno dotati; le di cui leggi essendo ignote, non possono essere assoggettate a calcolo. Per tal motivo si è creduto meglio ricercare delle formole empiriche dedotte dalle teorie affiancate dall'esperienza, le quali corrispondono benissimo alle leggi del movimento de'liquidi, e costituiscono presentemente i canoni di questa scienza.

62. L'idrodinamica deve i suoi principi fondamentali al celebre Torricelli discepolo di Galilei; il quale fondandosi sulla perfetta mobilità delle particelle de'liquidi, scoprì che un liquido posto in un vase scola, pel solo suo peso, da un orifizio praticato nel suo fondo o nella parete sottilissima con una velocità corrispondente a quella che acquisterebbe un corpo pesante cadendo liberamente dal livello del liquido fino al livello dell'orifizio. Questo risultato è stato verificato posteriormente, ed è stato trovato anche vero allorchè la superficie superiore e quella dell'orifizio sono ugualmente premute; talmentechè si è trovato anche vero all'aria libera.

Per convincerci di questa verità, nel caso che il livello del liquido è mantenuto ad un'altezza invariabile fa duopo ricordare talune considerazioni relativamente alle forze vive.

Allorchè una forza F mette in movimento una massa M facendole percorrere un'altezza o uno spazio S, l'effetto prodotto è rappresentato da MS (1); locchè viene espresso da F

(1) Vedi valutazione delle forze motrici.

$= MS$ ma nel movimento accelerato si hanno le due equazioni $S = \frac{gT^2}{2}$ e $V = gT$, sostituendo il valore di S nell'equazione $F = MS$ si ha $F = M\frac{gT^2}{2}$, ma $V = gT$, perciò $F = \frac{MV^2}{2}$. Dal che segue che una massa M, potendo discendere percorrendo uno spazio S ed acquistare una velocità $V = \sqrt{2gS}$ (pag. 10) possede per la stessa causa una forza viva $\frac{M}{2}\, 2gS$, ovvero MgS.

Stabilito questo principio passiamo alla quistione. Il livello restando lo stesso e la velocità del liquido che scola $= x$ essendo uniforme; il liquido contenuto nel vase è animato dalle stesse quantità di forze vive. Or mentreche una massa M scola consumando una forza viva $\frac{Mx^2}{2}$, un'altra massa M la rimpiazza verso l'alto del vase ad un'altezza S al di sopra dell'orifizio, apportando così una forza viva MgS; perciò $\frac{Mx^2}{2} = MgS$, o $x = \sqrt{2gS}$ vale a dire che la velocità è la stessa di quella che acquisterebbe un corpo cadendo dall'altezza S.

La linea descritta dal getto nel vuoto sarebbe una parabola; ma essa è un poco alterata dalla resistenza dell'aria.

63. Il Signor Girard lesse all'Accademia Francese diverse memorie inserite negli annali di Fisica e Chimica nelle quali ha dimostrato.

I.° Che sotto una pressione qualunque un volume di acqua determinata scola nell'istessissimo tempo sia che l'estremità dell'apertura comunica coll'aria, o in un liquido qualunque.

II.° Che nei tubi soggetti ad inumidirsi un aumento di calore accelera lo scolo del liquido: di fatti l'acqua alla temperatura di 84 gradi scola quattro volte più presto che a zero.

III.° Che i diversi liquidi non hanno uguali velocità alla stessa temperatura; essendo l'acqua quella che a temperature uguali dà maggior prodotto.

64. Il galleggiante a livello costante di Prony può servire a sperimentare le leggi dello scolamento dei liquidi; del quale eccone la descrizione. Una vasca rettangolare (Fig. 26) AFEB è divisa in tre vasche AS, ST, e TE da due tramezzi, la di cui altezza è alquanto minore del livello del liquido. Nelle due vasche laterali AS, e TE sono posti due galleggianti F ed F' che sono legati tra loro per mezzo di spranghe orizzontali, le quali sostengono, per mezzo di aste, o di corde che cadono esteriormente, un recipiente R atto a raccogliere l'acqua che si fa scolare dalle vasche. Su di una delle pareti laterali della vasca vi sono praticate, sulla stessa linea verticale, diverse aperture, alle quali sono adattabili degli orificj di differenti forme, che si aprono successivamente per far fluire, sotto differenti pressioni il liquido dalla vasca di mezzo ST nel recipiente R. Per effetto di questa disposizione un peso qualunque P del liquido, scolando per uno degli orificj aperto, andando a raccogliersi nel recipiente R aumenta dello stesso peso il sistema dei galleggianti; perciò questi scacciano dalle vasche AS, e TE la stessa quantità P di liquido, la quale passa nella vasca di mezzo ST sormontando i tramezzi: in tal modo la vasca di mezzo acquista contemporaneamente la stessa quantità di liquido che perde per lo scolo, ed il livello restando invariabile, lo scolo è uniforme per la stessa apertura.

Se si paragonano i tempi che il recipiente di capacità conosciuta impiega per riempirsi, allorchè il liquido scola per un orificio circolare di circa mezz'oncia di diametro, che si adatta alle differenti aperture praticate nella direzione della verticale sulla parete del vase; si trova che essi sono in ragione inversa delle radici quadrate delle distanze di queste aperture dal livello costante; dal che si conchiude che il quadrato della velocità dello scolo è proporzionale all'altezza del

liquido. Allorchè l'orificio è su di una parete sottilissima senza tubo, la vena liquida che ne sorte soffre contrazione fino ad una distanza presso a poco uguale al raggio del cerchio dell'apertura; questa contrazione si chiama *contrazione della vena fluida*, prodotta dallo strofinio delle molecole del fluido contro le pareti del foro; perciò le molecole che partono dall'orlo dell'orifizio hanno una velocità più piccola di quelle del centro. La vena conserva per qualche tempo lo stesso diametro, ed in seguito si slarga affettando la forma di un cono o di un canale conico, per l'influenza dell'aria. La sezione minima della vena è circa 0,7 di quella dell'orificio.

Se si divide la capacità del recipiente pel tempo impiegato a riempirsi e per la sezione contratta, si ha sempre un risultato sensibilmente uguale a $\sqrt{2gS}$, contrassegnandosi con S l'altezza del liquido nella vasca al di sopra dell'apertura; dal che segue che la velocità dello scolo calcolata non esiste che nella sezione minima della vena. Gli orificj di altra grandezza, o di altra forma, ed i tubi cilindrici o conici apportano delle modificazioni sensibili nei fenomeni dello scolamento.

65. La quantità di acqua che da una fontana o un corso qualunque viene espressa ordinariamente da una misura di convenzione, che può esser varia nei diversi paesi. A Parigi le acque correnti si misurano a pollice dei fontanieri, quale misura trovasi adottata in molti altri luoghi. Il pollice di acqua dei fontanieri è una quantità convenuta di questo liquido scolata in un dato tempo. È propriamente questa espressione indica una effusione che produce 672 pollici cubici di acqua in un minuto, o in 24 ore 560 piedi cubici. La linea di acqua è la 144 parte di un pollice cubico, ossia 4,67 pollici cubici di acqua al minuto.

Se si vuol valutare il prodotto di uno scolo in pollici cubici, basta raccogliere l'acqua che dà in un minuto; dividere il volume di quest'acqua, ridotto in pollici cubici, per 672 il quoziente darà il numero de'pollici di acqua.

Il più delle volte è impossibile raccogliere l'acqua scolata

in un minuto; vi si supplisce con determinare la sua velocità; la quale può essere determinata sì mediante il calcolo, che coll'esperienza. Conosciuta la velocità si moltiplica per la superficie dell'apertura, il prodotto darà la quantità di acqua scolata nell'unità di tempo. Supposto che l'acqua scola per un orifizio circolare che ha il diametro di un'oncia con una velocità come 24, val quanto dire che in ogni secondo da un cilindro di acqua che ha per base un cerchio del diametro di un'oncia e per altezza 24 palmi; determinando la solidità di questo cilindro si ha la quantità di acqua scolata in un secondo: come pure, sperimentata la velocità media del corso di un fiume che trovasi uguale a 20; val quanto dire che percorre la lunghezza di 20 palmi in un minuto secondo, misurata la sezione verticale media che supponiamo di 160 palmi quadrati; si conosce chiaramente che il fiume dà in ogni minuto secondo un prisma di acqua che ha la base di 160 palmi quadrati e l'altezza di 20 palmi; perciò col determinare la solidità di questo prisma si ha il quantitativo di acqua che dà il fiume in ogni secondo.

L'esperienza non si uniforma al calcolo dando essa un risultato uguale a circa i $5/8$ del risultato calcolato; questa differenza è prodotta dal restringimento alla sortita del getto per la contrazione della vena fluida.

66. Varii mezzi vennero proposti per conoscere la velocità di un corso di acqua, fra'quali il più semplice consiste nel gettare sull'acqua un corpo galleggiante, e per evitare l'effetto prodotto dalla resistenza dell'aria e dall'azione del vento, adoprasi ordinariamente per galleggiante una bolla di cera a cui vi si ammassa dell'arena, o altra polvere pesante in tanta quantità da farla immergere quasi tutta nell'acqua; si osserva con esatto orologio a secondi lo spazio percorso in un dato tempo da questa bolla buttata in un corso di acqua; quale spazio diviso pel numero di secondi impiegati, dà per quoziente lo spazio percorso in un secondo, o la sua velocità. Or siccome questa velocità è varia nelle diverse profondità

del liquido, essendo ordinariamente maggiore a fior d'acqua e nel mezzo del letto, e minore nel fondo e verso gli orli per lo strofinio sulle pareti; talmentéche dagli sperimenti di Dubuat risulta che posta la velocità della superficie $= V$ si può dedurre la velocità media $= v$ mediante la formola $v = \frac{V(V+1,732)}{V+3,153}$. Varia ancora secondo i luoghi, l'ampiezza del corso di acqua, e secondocchè il canale è dritto, tortuoso, o angolato; perciò si prendono ordinariamente i 4/5 della velocità osservata per velocità media in tutta l'altezza. Questi sperimenti però deggiono essere ripetuti più volte onde verificarne il risultato, e trovando delle piccole differenze prendere il termine medio: devono esser fatti in giorni diversi ed in tempi tranquilli esenti da qualunque circostanza accidentale; ed è necessario allontanare qualunque causa che potesse cagionare nell'acqua movimento estraneo al suo cammino naturale, perciò non bisogna seguire il galleggiante in barchetta, o apportare qualunque movimento nelle acque che potesse disturbare anche per poco il suo movimento naturale; come pure deggiono ripetersi in varii punti della superficie del liquido, onde conoscere se vi sieno, in qualche punto, acque stagnanti, remore, o punti di maggior celerità.

67. De Percieux immaginò una macchinetta molto comoda per misurare la velocità di una corrente; è questa una specie di ruota a pale leggerissima, il di cui asse di rotazione poggia su rotoletti, che la rendono mobilissima. Si fanno immergere le pale inferiori nell'acqua, le quali fanno girare la ruota con una velocità che viene misurata da un numeratore (1).

(1) Il numeratore è un meccanismo che indica i movimenti di una macchina in un dato tempo, come il numero dei giri di una ruota, la lunghezza di un filo ecc. e se occorre ne dà anche l'annunzio con una soneria. I contapassi o Odometri sono dei numeratori addetti a misurare le strade percorse.

La comunicazione della ruota con questo numeratore si fa con un meccanismo di ruote. Il numero dei giri della ruota in un dato tempo fà conoscere la velocità della corrente.

68. Si può valutare con più esattezza la velocità di un fiume con lo stesso strumento che adoprano in mare i marini per determinare la velocità del naviglio; detto *barchetta*, *passaretto*, *Loche*; il quale consiste in una tavoletta di legno, per lo più, della forma di un settore di cerchio, avendo per raggio circa un mezzo palmo, zavorrato intorno al suo arco con una striscia di piombo di tal peso da immergerlo verticalmente per più dei due terzi della sua altezza nell'acqua; nel vertice dell'angolo del settore vi è un buco a cui è attaccato una porzione di un cordino sottile della lunghezza di una canna circa, e nel mezzo dell'arco vi è altro buco in cui vi si conficca una caviglia di legno alla di cui testa è ligata l'altra estremità del detto cordino; nel mezzo della lunghezza di questa porzione di cordino vi si liga altro cordino che si avvolge ad un mulinello. La lunghezza di questo cordino è divisa con nodi, le di cui parti sono di una misura determinata. Il pezzo di legno si getta nel fiume da un punto stabile; la velocità del fiume lo allontana, e bisogna avvertire di non ritardare il suo cammino ajutando lo svolgimento del cordino. Con un orologio esatto si osserva quanta lunghezza si è svolta in un minuto, la quale si divide per 60 e si ha il cammino percorso in un secondo di tempo; e per conseguenza la velocità dell'acqua del fiume.

È necessario avvertire che per ritirare tutto l'apparecchio, fa duopo, appena scorso il minuto, dare una scossa al cordino, acciò la cavicchia si stacca dalla base del settore; così non presenta più la sua superficie verticalmente al corso del fiume, e si può tirare facilmente senza rischio di rompere il cordino.

69. Qualora poi si volesse la misura della forza prodotta da un corso di acqua, da servire non solo per macchine idrauliche, o per costruzioni idrauliche, ma ancora da poter decidere da questa della quantità di acqua sgorgata, può essere

opportuno l'apparecchio proposto da Regnier il quale consiste in un cubo di sovero di circa un terzo di palmo quadrato di lato, zavorrato con del piombo, acciò s'immerga quasi interamente nell'acqua; esso è ritenuto per due punti da due cordini di seta che si uniscono a poca distanza; e disposti in modo che immerso nell'acqua presenta una delle sue superficie quadrate esattamente in direzione perpendicolare al filo della corrente dell'acqua. Nell'unione di questo cordino vi è legato altro cordino il quale con l'altro estremo è attaccato al braccio flessibile di un piccolo dinamometro costruito a guisa di una bilancia ad arco (1). Un osservatore posto su di un punto fisso, come sarebbe una barchetta ancorata, getta nell'acqua il cubo di sovero, tenendo in mano il dinamometro; osserverà sull'arco graduato di questo la forza di pressione prodotta dal corso dell'acqua. Bisogna avvertire che tutti questi metodi non danno che la velocità dell'acqua posta alla superficie, e perciò, si ha sempre un risultato troppo grande.

70. Le acque in movimento sono dei doni preziosi concessi dalla natura a quei luoghi che ne sono in possesso, basta saperle bene adoperare; potendo esse esercitare delle forze da sostituirsi utilmente a quelle che si hanno da altri motori più o meno costosi.

La forza prodotta da un corso o da una caduta di acqua può essere valutata mediante l'apparecchio di Reigner descritto di sopra; e può esser calcolata conoscendosi la massa di acqua disponibile in un secondo di tempo, e l'altezza della scaturizione in palmi, la forza motrice potrà essere rappresentata da MA dinamie, indicando M la massa ed A l'altezza.

Or se per fare che una macchina produca un dato effetto ha bisogno di una forza dell'intensità di 956 dinamie in ogni ora; vale a dire che la forza utile deve innalzare 956 palmi cubici di acqua ad un palmo di altezza. Si vedrà se il prodot-

(1) Vedi la descrizione del dinamometro. n.° 18.

to MA ripetuto 3600 volte(1) supera di tanto 956 da potersi compensare le perdite per l'attrito e per altre cause. Supponiamo che il corso dell'acqua da impiegarsi come motore dia 0, 54 di palmo cubico in ogni secondo, e che l'altezza della scaturigine sia di 0, 85 di palmo; il prodotto di questi due numeri è 0, 459 che moltiplicato per 3600, per avere la forza impiegata in un' ora si ha 1652, 4 dinamie. Perciò se non vi fosse perdita, il corso di acqua darebbe una forza capace d'innalzare in ogni ora 1652, 4 palmi cubici di acqua ad un palmo di altezza; ma essendo inevitabile una perdita per l'attrito e per altre cause, la quale si valuta presso a poco ad un terzo della forza esercitata dalla corrente, si ha per residuo 1101, 6 dinamie forza maggiore di 956 dinamie; e perciò la forza esercitata dalla corrente può produrre quell'effetto che si desidera in quella data macchina.

71. Le ruote idrauliche sono le macchine che d'ordinario si usano per trar profitto dal corso delle acque. Queste possono essere orizzontali e verticali, le ultime sono più usate delle prime; esse dividonsi in ruote a pale, dette pure ruote di sotto; in ruote a cassette, dette ancora ruote di sopra, ed in ruote di fianco.

Le ruote a pale sono quelle in cui l'acqua agisce nel basso, urtando verticalmente sulle pale, la di cui azione è corrispondente alla massa di acqua ed alla sua velocità. Le ruote a cassette sono mosse quasi esclusivamente dal peso dell'acqua che riempie le cassette, le quali sono situate intorno ad un tamburo, vuotandosi successivamente col muoversi della ruota. Finalmente le ruote di fianco sono quelle in cui l'acqua agisce per la sua massa e per la sua velocità urtando le pale della ruota alquanto al di sotto del piano orizzontale menato per l'asse di rotazione.

Ciascuna di queste ruote ha i suoi difetti ed i suoi vantaggi, e spetta al meccanico di preferire or l'una or l'altra in cor-

(1) Perchè 3600 minuti secondi uguagliano un'ora.

rispondenza della massa di acqua che può disporre, della sua velocità, dell'effetto che vuole produrre, e di molte altre particolarità. Quello che sommamente interessa si è di dare alla macchina la massima semplicità per fare che sia di poco costo e non così facilmente soggetta a guasto.

72. Mongolfier ha tirato partito dalla velocità che acquista un liquido in movimento per mettere in azione una macchina ingegnosissima e semplice, la quale è riuscita di non poca utilità, che chiamò ariete idraulico (1); esso è rappresentato dalla (Figura 28). Questa macchina è formata di un tubo orizzontale ABD, detto corpo dell'ariete, che riceve l'acqua da un serbatojo, o da un corso qualunque, con quella velocità corrispondente all'altezza della scaturigine. Questo tubo si fà più largo nella sua imboccatura, ed ha una inclinazione di circa 1 $^1/_4$ per cento dall'imboccatura in avanti; nel suo estremo vi è un'apertura circolare C che viene chiusa da una valvula a palla D, detta valvula di arresto o di effusione, la quale s'innalza per l'azione della corrente qualora questa abbia acquistata forza per farlo. Il tubo di ascesa HIG è unito alla parte inferiore del serbatojo di aria F, il quale è ermeticamente congiunto al tubo conduttore mediante la tubulatura *c a d b*; la disposizione di questa tubulatura sul tubo DB deve essere perfettamente verticale, ed il suo calibro uniforme per avere effetti più vantaggiosi.

La base del serbatojo di aria ha nel centro un orifizio circolare guernito al di sotto di un piccolo cilindro; quest'orifizio viene chiuso ugualmente da una valvula a palla E; lo spazio *i n* nell'esterno di detto cilindro è ripieno di uno strato di aria che vi s'immette per la valvula S; quale strato di aria serve per alimentare l'aria del serbatojo F come diremo in seguito. Le palle chiudono gli orifizj poggiando esattamen-

(1) L'ariete idraulico può variare nella costruzione secondo le circostanze e gli effetti che si vogliono ottenere. Quella che abbiamo prescelta offre minore spesa, e dà maggior prodotto.

te su i loro orli, i quali sono guerniti di anelli di cuojo o tela incatramata, esse sono ritenute da una musoliera o gabbia, e deggiono essere di sostanza un poco più densa dell'acqua.

Posto ciò il meccanismo è facile ad intendersi. La colonna di acqua in moto solleva la palla D, che chiude l'orifizio di uscita, ed allora cessa lo scolo per l'apertura C; nello stesso tempo essa solleva la palla E e penetra nel serbatojo di aria F e di là nel tubo di ascesa GIH. La velocità dell'acqua ascendente e quella che affluisce per spingerla innanzi, diminuisce gradatamente; le palle ricadono pel loro proprio peso una D sopra la musoliera, e l'altra E sull'orifizio di ascesa, e l'acqua che cessa di entrare in E va a scolare al di fuori in C; ma la velocità della corrente non tarda a sollevare di bel nuovo le palle, e l'azione si rinnova come prima. L'aria del serbatojo F condensandosi dà al getto HI un moto continuato per la sua forza elastica, premendo sulla superficie dell'acqua posta nella campana; perciò l'acqua seguita ad ascendere in detto getto, anche quando l'ariete non la spinge, nella breve intermittenza de'suoi effetti.

La valvula *s* si apre dal di fuori al di dentro e lascia entrare ad ogni colpo una porzione di aria, per supplire la perdita che si fà nella campana F di quella porzione che ne scappa in unione della colonna di acqua ascendente GIH; essendo la raccolta di aria nella campana cosa interessantissima pel meccanismo dell'ariete idraulico.

Per una descrizione più circostanziata dell'ariete idraulico si possono consultare il *Iurnal de l'Ecole Polytecnique* fascic. XIV, *Iurnal de Physique* di Febbraio 1738, il *Bullettin de la Societè d'Encuragement* degli anni 1805, 1806, 1808, 1809, 1810, 1813, e 1814 ecc.

Sono molti anni che l'ariete idraulico viene adoperato a varj usi in Francia, ed in Inghilterra, ed i risultati sono stati di tanta soddisfazione che nella più parte de'casi viene preferito alle altre macchine idrauliche, avendo fra gli altri vantaggi quello di potersi attivare col più piccolo filetto di acqua, pur-

che le sue dimensioni sieno corrispondenti alla grandezza della forza motrice, e si abbiano le seguenti avvertenze nella sua costruzione. I.° Conviene che il calibro del tubo ABC sia minore del volume di acqua che dà la sorgente. II.° Che il serbatojo a campana F deve contenere due terzi della sua capacità di aria ed un terzo d'acqua. III.° Che le palle devono avere un diametro quattro volte maggiore de'fori circolari che devonò chiudere. IV.° Che l'orifizio di uscita sia da cinque a sei volte maggiore di quello di ascesa.

Finalmente è facile comprendere che l'acqua innalzata dall'ariete idraulico può farsi cadere per una gora sopra una ruota a cassetta, o in un bindolo a cappelletti e servire così da forza motrice. Può anche servire direttamente da motore come ideò Borgnis, facendo in modo che l'urto invece di comunicarsi ad una colonna di liquido da inalzare, si esercitasse sulla base di uno stantuffo. Se ne possono vedere delle descrizioni di questa utile applicazione nel *Traité de mecanique de Borgnis* alla parte Composition des machines, dove si trova la descrizione dell'ariete a flusso e riflusso animato dalle onde del mare, applicabile come motore a varie macchine.

73. Per dar compimento a quanto riguarda il movimento de'liquidi ci resta a dire qualche cosa su i getti di acqua i quali il più delle volte producono effetti da destar sorpresa ed ammirazione. SiaABCD un serbatojo (Fig. 29) in cui il livello dell'acqua sia in AD, se dalla base di detto serbatojo ne partisse un tubo curvo o angolato come BFG, per ciò che abbiamo detto in idrostatica, l'acqua ascenderebbe in questo tubo allo stesso livello del serbatojo, e perciò si troverebbe in G. Or se questo tubo non vi fosse per tutta la sua lunghezza, e fosse troncato come nella (Fig. 30) il liquido che scola per effetto della pressione del liquido soprapposto, ha la stessa velocità di quello che acquisterebbe un corpo che cadesse dall'altezza AB, dovrebbe perciò innalzarsi all'altezza EF uguale ad AB; e di fatti tale sarebbe se ciò avvenisse nel vuoto, ma nell'aria s'innalza ad un'altezza minore per la resistenza opposta da

questa. Questo argomento venne esaminato da Mariotte nel suo *Trattato sul movimento delle acque*; ed ecco la formola dedotta da suoi sperimenti.

$A-G: a-g = G^2 : g^2$ indicando A ed a le altezze dei livelli nei due serbatoi, e G e g le altezze dei getti ò zampilli rispettivi.

Dietro questa formola si può conoscere l'altezza necessaria ad un serbatojo per produrre un getto di una data elevazione. Conosciutosi che un'altezza di un serbatojo di 5 piedi ed un pollice produce un getto dell'altezza di cinque piedi. Si desidera sapere l'altezza del serbatojo capace di fornire un getto dell'altezza di 100 piedi.

Posta l'altezza del primo serbatojo di 61 pollici $= A$

Quella del secondo serbatojo che si domanda $= x$

Quella del getto del primo serbatojo di 60 poll. $= G$.

Quella del getto del secondo serbatojo di 1200 poll. $= g$

sarà $61-60 : x-1200 = (60)^2 : (1200)^2$ ovvero $1 : x - 1200 = 3600 : 1440000$.

Si avrà $x = 1600$; e perciò 1600 pollici, ovvero piedi 133 $\frac{1}{3}$ deve essere l'altezza del livello dell'acqua nel serbatojo per dare un getto dell'altezza di 100 piedi.

Il risultato che da questa formola corrisponde esattamente a quello che si ha dalla regola data da Mariotte, ch'è la seguente. *L'eccesso di altezza dell'acqua di un serbatojo sù quella del getto è il quadrato del decimo dell'elevazione del getto espressa in metri, o se l'altezza del getto fosse espressa in piedi converrebbe prendere il terzo soltanto di questo quadrato.* Di fatti nell'esempio citato l'altezza del getto è di cento piedi, perciò l'altezza del serbatojo deve esserli maggiore della terza parte del quadrato del suo decimo che corrisponde a $\frac{10 \times 10}{3} = 33 \frac{1}{3}$.

Per fare che questa regola si uniformasse all'esperienza bisogna che il getto avesse una leggiera obliquità, acciò il liqui-

do nel cadere non apportasse indebolimento alla velocità del getto ascendente.

Dagli sperimenti di Mariotte riportati nella citata opera risulta, che per dare la massima elevazione possibile al getto, bisogna che l'apertura dello spillo sia più stretta del tubo di condotto.

Si danno varie forme a questi spilli, e si dispongono in vario modo da offrire un vago spettacolo nei giardini, nelle strade, e ne'luoghi di diporto.

CAPITOLO VII.

DELL'EQUILIBRIO DEI FLUIDI AERIFORMI.

74. Quel fluido tenuissimo che inviluppa la Terra e che si estende fino all'altezza di circa 10 leghe è stato chiamato aria atmosferica; la di cui esistenza si manifesta per tanti fenomeni che esercita sulla Terra e sulle acque.

Le scoverte chimiche dello scorso secolo ci hanno fatto conoscere molti corpi che sono diversi dall'aria per la loro natura, ma sono analoghi all'aria per la loro trasparenza, per la loro fluidità, e per l'insieme delle loro proprietà fisiche, perciò sono stati chiamati fluidi aeriformi o gassosi.

I fluidi aeriformi sono divisi in due classi, cioè in gas permanenti ed in gas non permanenti. I primi sono quelli che assoggettati a forti pressioni o a temperature bassissime non passano nello stato liquido. I gas non permanenti, come sarebbero i vapori, passano facilmente nello stato liquido, per variazioni di pressioni o di temperatura.

Taluni gas, compresi una volta tra i gas permanenti, possono ridursi in forma liquida assoggettandoli a forti pressioni come ci ha fatto conoscere il signor Faraday, tali sono il cloro il prot-ossido di cloro, il prot-ossido e deut-ossido di azoto, l'acido carbonico, l'idrogeno solforato, l'ammoniaca, ed il cianogeno. La pressione che bisogna per operarsi questa tras-

formazione non è la stessa per tutti. Di fatti basta la pressione di quattro atmosfere (1) pel cianogeno, mentre vi bisogna la pressione corrispondente a quella di 30 atmosfere e più per l'acido carbonico, e di 50 pel prot-ossido di azoto, alla temperatura non maggiore di + 7 gradi. Bussy ha dimostrato in seguito che si possono ottenere, mediante un grado di freddo intensissimo, quasi gli stessi risultati ottenuti da Faraday colla compressione.

Dietro ciò non sembra difficile che si possa pervenire a ridurre in forma liquida i gas che si considerano fin oggi come permanenti ; qual cosa verificandosi non si marcherà alcuna differenza tra i gas ed i vapori.

75. Il carattere meccanico che distingue i fluidi aeriformi, detti ancora gas, e la loro perfetta elasticità, e la squisita mobilità delle loro particelle. Di fatti essi si comprimono ad ogni piccolo sforzo a cui vengono assoggettati, e si spandono finchè trovano spazio libero da occupare. È vero che i liquidi sono anch'essi compressibili, come abbiamo detto, ma ciò avviene soltanto mediante forti pressioni; i gas al contrario cedono a qualunque pressione, basta che sia capace di sormontare la loro forza espansiva, e si restringono in proporzione de' pesi da cui sono gravati, lo che può mettersi in piena evidenza per mezzo del tubo di Mariotte; che consiste in un tubo di vetro cilindrico ABC piegato nella sua parte inferiore B come nella Fig. 31 ; il braccio più corto è chiuso nella sua estremità C, e l'altro più lungo è aperto in A, per la quale apertura vi s'introduce del mercurio in tanta quantità da riempire il gomito B, intercettando nel braccio corto BC un dato volume di aria; versando altra quantità di mercurio questo si innalza nelle due braccia del tubo ma inegualmente, innalzandosi di meno nel braccio più corto ove l'aria si comprime, e

(1) Parlando del barometro faremo conoscere cosa s'intende per pressione di due o più atmosfere, e come i corpi aeriformi vengono assogettati a simili pressioni.

dippiù nell'altro aperto che comunica coll'aria. Allorchè il braccio più lungo conterrà una colonna di mercurio di circa 76 centimetri, misurandosi quest'altezza non dal livello primitivo B, ma dal livello attuale F; si osserverà che lo spazio FC occupato dall'aria non è che la giusta metà di quello che essa occupava prima dà C in B. La parte di mercurio che riempie il gomito da F in B non contasi per nulla, giacchè trovasi da se stessa in equilibrio e la pressione sull'aria rinchiusa nel braccio corto non è stata accresciuta che dal peso della colonna di mercurio posta al di sopra del livello FG. Se si versa altro mercurio nel braccio più lungo si vedrà in pari tempo l'aria rinchiusa nel braccio corto diminuire ancora di volume; in guisa che se vi saranno due volte 76 centimetri di elevazione sopra questo terzo livello F'G' l'aria rinchiusa sarà ridotta a non occupare altro che lo spazio da F' a C il quale sarà un terzo del primiero BC. Con questo apparecchio Mariotte scoprì la legge regolatrice della compressibilità e dell'elasticità dei corpi gassosi ch'è la seguente. *I volumi dell'aria e de' corpi aeriformi in generale variano nella ragione inversa delle pressioni a cui si sottopongono; e la loro forza elastica cresce nella stessa proporzione, rimanendo però la temperatura costante.*

Si noti che giunta l'altezza del mercurio nel braccio aperto a 76 centimetri, o 28 pollici Parigini, misurata dal livello nel braccio chiuso, il carico che soffre la porzione di aria rinchiusa in questo braccio corrisponde al peso di due colonne atmosferiche, una è la colonna atmosferica propriamente che agisce sulla superficie del mercurio nel braccio aperto, e l'altra è una colonna di mercurio di 76 centimetri che li corrisponde in peso, come diremo in appresso; e qualora l'altezza del mercurio nel braccio aperto è giunta a due volte 76 centimetri sul livello del mercurio nel braccio chiuso, la porzione di aria rinchiusa in questo braccio soffre una pressione corrispondente al peso di tre atmosfere, una ch'è la colonna atmosferica propriamente come abbiamo detto, e le altre due

sono rappresentate dall'azione della pressione della colonna di mercurio dell'altezza di due volte 76 centimetri.

76. L'espansibilità dell'aria e de'gas dipende dacchè in essi le forze moleculari sono repulsive a differenza de'corpi solidi e liquidi, perciò essi tendono ad espandersi. Di fatti l'aria rinchiusa in un vase esercita de' sforzi contro le sue pareti, dal che ne risulta, o che le pareti sono ben solide, ed allora il vase regge all'azione della forza repulsiva, o le pareti sono deboli di tanto da essere sormontate dall'azione repulsiva ed allora il vase si romperà.

Si può dimostrare coll'esperienza che i fluidi aeriformi esercitano delle pressioni sulle pareti de'vasi che li contengono qualunque ne sia la massa in rapporto alla capacità del vase. Di fatti se si chiude esattamente in una vescica di castrato una porzione di aria, le pareti di questa sono spinte internamente ed esternamente da pressioni uguali, talmenteche si stabilisce uno stato di equilibrio nel sistema, ma se si minora la pressione esteriore, con un processo che noi indicheremo in seguito, la vescica si gonfia fino a tendere fortemente le pareti, quantunque l'aria interna non ha sofferto alcun aumento nella sua massa; il suo volume soltanto s'è aumentato, e la sua forza elastica è diminuita facendo equilibrio in ciascun istante alla pressione esteriore.

Or se una piccola quantità di aria è stabilita in uno spazio vuoto di molta capacità, questa quantità non ostante piccolissima in rapporto allo spazio in cui è rinchiusa pure si diffonderà in tutto lo spazio, ed urterà ugualmente sulle sue pareti in tutt'i sensi, facendo ancora de'sforzi per occupare uno spazio maggiore. Dimodoche l'elasticità dell'aria e de'corpi gassosi non è limitata come quella per esempio, di una molla di acciajo la quale manifesta la sua elasticità soltanto qualora si comprime, e cessa allorchè ritorna nel suo stato primitivo; le sostanze gassose al contrario sono sempre in uno stato di tensione poichè cercano sempre di occupare uno spazio più grande.

L'uguaglianza di pressione sulle pareti in tutte le direzioni può esser dimostrata in una massa aeriforme mediante un apparecchio semplicissimo (Fig. 32) che consiste in una campana MNOP sulle di cui pareti a differenti altezze vi sono alcuni buchi A, B, e C nei quali sono saldati de' tubi curvi di vetro in forma di sifone, contenente ciascuno una porzione di un liquido qualunque, il quale nello stato di equilibrio si dispone allo stesso livello nelle due braccia di ciascun tubo. Così apparecchiata la campana, se s'immergerà colla sua bocca in basso in una vasca di acqua, l'aria che vi rimane chiusa si comprimerà e premerà uniformemente sulle porzioni di liquido poste ne'diversi tubi curvi, innalzandosi per quantità uguali nelle braccia che comunicano coll'aria esteriore, il che prova ad evidenza che la pressione operata nell'aria posta nella campana si trasmette ugualmente in tutti i suoi punti, e agisce uniformemente su tutt'i punti delle pareti della campana.

Dippiù bisogna distinguere in un fluido aeriforme in equilibrio come nei liquidi, due sorte di pressioni: una che può esser prodotta dall'azione di un'agente esterno sulla sua superficie, sopra di uno de'suoi punti qualunque, la quale si trasmette senza alterazione in tutta la massa: l'altra che risulta dal suo proprio peso; perciò si accresce in corrispondenza della distanza dalla superficie superiore della massa aeriforme.

78. Premesso tutto ciò; per stabilire l'equilibrio in una massa aeriforme bisogna fare che le forze elastiche sieno le stesse in tutta l'estensione di ciascuno strato orizzontale. Questa condizione al pari che nei liquidi si deduce dalla mobilità delle molecole, e dall'azione della gravità che si esercita sopra di esse. Perciò in un vase qualunque ripieno di aria tutt'i punti del medesimo piano orizzontale devono avere la stessa elasticità; acciò le forze repulsive delle molecole dello stesso livello si equilibrano. Questo si avvera per ciascuna sezione orizzontale sia essa posta più al di sopra, o al di sotto, con una sola differenza che gli strati orizzontali superiori soffrono una minore pressione degli strati orizzontali sottoposti; e perciò questi han-

no una maggior densità degli strati superiori. Dal che si deduce la condizione della stabilità, o instabilità dell'equilibrio. L'equilibrio è stabile quando la densità degli strati inferiori è maggiore di quella degli strati superiori, ed è instabile quando ha luogo il contrario. L'equilibrio instabile è fisicamente impossibile per la grande mobilità delle molecole delle sostanze aeriformi.

Questa legge dell'equilibrio è una legge universale per tutte le masse aeriformi grandi o piccole che sieno, ed è applicabile ad una massa gassosa rinchiusa in un piccolo vase, come alla massa atmosferica che è contenuta in un vasto edificio, o che poggia sopra un vasto piano, come pure alla massa totale dell'atmosfera. Di fatti uno strato di aria atmosferica ad un'altezza qualunque per dirsi in equilibrio deve avere tutt'i suoi punti ugualmente premuti, un altro strato parallelo a questo, ma cento palmi al di sotto deve per la stessa ragione esser soggetto ad uguale pressione in tutt'i suoi punti, ma questo soffre una pressione maggiore del primo per quanto è il peso di una colonna di aria dell'altezza di 100 palmi, e se lo strato di aria fosse 100 palmi più in alto del primo i suoi punti sarebbero pure egualmente premuti, e questo strato soffrirebbe una pressione minore in corrispondenza della minorazione di peso di una colonna di aria dell'altezza di 100 palmi interposta tra i due strati. Talmentecchè si può conchiudere che nell'equilibrio di una massa gassosa ciascuno strato orizzontale è soggetto alla stessa pressione in tutt'i suoi punti, e questa pressione va decrescendo da basso in alto ne' diversi strati; ed attesa la compressibilità di cui è dotata va decrescendo anche la sua densità. Or se una porzione qualunque di aria atmosferica acquista per qualsisia causa una densità maggiore o minore dell'aria che la circonda; o in vece una massa gassosa di una densità maggiore o minore dell'aria atmosferica si spinge nell'atmosfera, questa si abbasserà o s'innalzerà di tanto fino ad incontrare quello strato di aria di densità uniforme alla sua, per mettersi in equilibrio; il che dà origine

alle correnti aeree, o alla produzione del vento. Mediante questo stesso principio si dà ragione dell'ascensione dei palloni areostatici del che avremo occasione di trattarne in prosieguo.

CAPITOLO VIII.

PROPRIETA' FISICHE DELL' ARIA ATMOSFERICA.

79. L'atmosfera come abbiamo detto è quell'inviluppo gassoso che circonda il nostro globo e che agisce in tutte le direzioni su tutti i corpi che vi sono situati. Essa vi è trattenuta dall'attrazione della massa terrestre ed è questa una delle cause per cui l'atmosfera è più densa negli strati più prossimi alla superficie della Terra, ove l'attrazione agisce con maggiore energia. I suoi principii costituenti costanti sono al numero di quattro che sono il gas ossigeno, il gas azoto, il gas acido carbonico, ed il gas aqueo; ma ne può contenere moltissimi altri potendosi essa considerare come il dissolvente ed il ricettacolo di tutt'i corpi; questi però, al pari del gas aqueo, possono variare nella quantità, e anche nel numero. Di tutto questo ci occuperemo più dettagliatamente altrove.

Per lungo tempo furono discorde le opinioni intorno ai limiti dell'atmosfera. La-Place cercò di dimostrare colle leggi della gravità che l'atmosfera non può estendersi all'infinito; ma il Sig. Wollaston diede su di ciò argomenti più sodi. Di fatti se l'Universo fosse ripieno di aria atmosferica eccessivamente rara ciascun corpo che esso contiene dovrebbe condensarne intorno di se una qnantità proporzionata alla sua massa ed alla sua forza di attrazione, in modo che nel nostro sistema planetario, il Sole, Giove e Saturno dovrebbero essere circondati di atmosfere molto più considerevoli di quella della Terra. Ma osservando il passaggio di Venere innanzi al Sole, Wollaston non potè scoprire alcuna traccia di refrazione, che avrebbe dovuto osservare qualora il pianeta fosse

realmente circondato da una massa gassosa che minorasse gradatamente di densità. Le osservazioni degli ecclissi de' satelliti di Giove provano a sufficienza che Giove non è circondato da alcuna atmosfera, dal che si può conchiudere che l'atmosfera appartiene esclusivamente al nostro Pianeta, ed in conseguenza deve aver limiti determinati.

80. L'altezza dell'atmosfera si può determinare mediante l'altezza del barometro e le leggi della condensazione, dietro questi dati l'altezza media dell'atmosfera si fa ascendere a 9 $^3/_4$ leghe geografiche. La sua forma è sferoidale come quella del globo terrestre, e il suo diametro che passa per l'equatore è molto più grande di quello che passa per i poli della Terra, perchè il calore della parte media del globo risolve nello stato aeriforme una quantità di acqua. Su questo può avervi anche influenza il movimento di rotazione della Terra.

L'atmosfera ha come l'acqua del mare un flusso e riflusso, prodotti dall'influenza del Sole e della Luna principalmente, che non si può conoscere col barometro, essendo la colonna di aria che si solleva sostenuta dalla forza attrattiva della Luna. Fra i tropici l'atmosfera ha anche un flusso e riflusso giornaliero che agiscono sul barometro come diremo in seguito.

81. L'aria atmosferica è inodore, incolore, trasparente, compressibile, ed elastica.

La scoverta del peso dell'aria è dovuto al celebre nostro Italiano Galileo, che dimostrò questa proprietà paragonando successivamente il peso di un pallone prima pieno di aria alla densità ordinaria dell'atmosfera, e poi pieno di aria compressa, e da questo esperimento non solo dedusse che l'aria era pesante, perchè il pallone che ne conteneva maggior quantità pesava dippiù, ma che era compressibile ed elastica, poichè nello stesso pallone potè introdurvi una maggior quantità di aria, e dippiù che bisognava impiegare sforzi maggiori a proporzione che immetteva aria nel pallone, aumentandosi progressivamente l'indensità della sua forza elastica.

Nel 1668 alcuni fontanari di Firenze non essendo riusciti ad innalzare l'acqua per mezzo di una tromba aspirante ad un' altezza maggiore di 32 piedi, pregarono Galileo a volergliene indicare la causa. Fin allora spiegavasi l'ascesa dei liquidi nelle trombe aspiranti col supporre che la natura abborriva il vuoto. Da taluni si crede che Galileo sorpreso a primo aspetto da tale domanda avesse risposto, che la natura avea in orrore il vuoto soltanto fino all'altezza di 32 piedi. Non è però probabile che quel gran fisico abbia data una tale risposta, dovendogli sembrare assurda, dopo la scoverta da lui fatta del peso dell'aria.

Torricelli suo discepolo riflettendo su tale fenomeno pensò che la pressione atmosferica ne potesse essere la causa, e che potesse equilibrare una colonna di acqua di quell'altezza. Se ne assicurò mediante un apparecchio che porta il nome di barometro di Torricelli, e che eseguì riempiendo di mercurio un lungo tubo chiuso da un estremo, rovesciandolo col suo orifizio aperto in un bagno di mercurio in modo da non farvi penetrare aria; vidde che la colonna di mercurio discendeva subito per una certa quantità, oscillava per breve tempo, e quindi arrestavasi a 28 pollici in circa al di sopra della superficie del bagno di mercurio. Paragonando poscia l'altezza in cui si sosteneva il mercurio nel tubo di vetro, con l'altezza dell'acqua nelle trombe aspiranti, osservò che erano nella ragione inversa delle loro densità, e perciò una colonna di mercurio dell'altezza di 28 pollici uguagliava in peso una colonna di acqua di simil diametro dell'altezza di 32 piedi; dal che conchiuse che una causa comune teneva in equilibrio sì la colonna di mercurio all'altezza di 28 pollici, che la colonna di acqua all'altezza di 32 piedi; e n'era la causa la pressione atmosferica che influiva sì nell'uno che nell'altro sperimento. Opinò che siccome l'altezza dell'atmosfera è minore nei siti elevati, perciò in questi luoghi non può equilibrare una colonna di mercurio della stessa altezza; locchè fu confermato

da sperimenti praticati da altri fisici, e particolarmente dal celebre Pascal.

Per convincerci come la pressione atmosferica produca l'innalzamento sì dell'acqua nelle trombe, che del mercurio nel tubo barometrico, ragionéremo a questo modo. Quando un liquido è in equilibrio in un vase, la sua superficie libera si dispone in un piano orizzontale, e persiste in questo stato ancorchè si esercitasse una pressione uguale in tutti i suoi punti, ma se s'impedisca che la pressione agisce in tutta la superficie del liquido, terminandone una porzione con un tubo o una campana vuota di aria, l'equilibrio si stabilirebbe quando il liquido si sarà elevato di tanto nel tubo o nella campana da equilibrare la pressione esteriore. Or questo è appunto quello che succede allorchè l'atmosfera esercita la sua pressione sulla superficie di un liquido, e che una porzione di detta superficie viene esentata da questa pressione, essendo limitata da un tubo chiuso nella parte superiore, e vuotato di aria.

82. La scoverta di Torricelli non si limitò a farci conoscere che la pressione atmosferica agisce in tutte le direzioni su tutti i corpi che vi sono immersi, ma arricchì la fisica di uno strumento preziosissimo qnal'è il barometro.

L'apparecchio tal quale venne ideato da Torricelli non è comodo per molte osservazioni, e non è al caso di essere trasportato facilmente; perciò ha ricevuto varie modificazioni, restando sempre fermo il principio su cui è basato; queste modificazioni sono dirette a renderlo sensibile, alle più leggiere variazioni, più comodo ne'viaggi, e ad acconciarlo in una forma elegante. Noi ne descriveremo le principali, avvertendo però che qualunque sieno queste modificazioni, debbano essere subordinate alle seguenti condizioni. I° Che il tubo non sia nè molto stretto nè molto largo, perchè la strettezza del tubo accresce l'adesione del mercurio col vetro, la soverchia larghezza rende incomodo lo strumento particolarmente nel trasportarlo. II° Bisogna che il tubo ed il mercurio sieno ben disseccati e purgati di aria, perchè sì l'aria che l'acqua

vaporizzata anderebbero ad occupare la sommità del tubo, e la loro azione elastica opererebbe una pressione sulla colonna barometrica. Si allontanano queste cause di errori, mettendo a diverse riprese il mercurio nel tubo barometrico, e riscaldandolo in ciascuna riaffusione fino all'ebollizione; allorchè il tubo è quasi pieno si termina di riempirlo con mercurio perfettamente secco. Con queste ebollizioni ripetute, l'aria sfugge, e l'acqua n'è discacciata nello stato vaporoso. Tra le diverse costruzioni di barometri descriveremo quella a vaschetta, quella a sifone, e quella a quadrante.

83. Il barometro a vaschetta è quello che più si avvicina alla costruzione di Torricelli, esso è rappresentato dalla (Fig. 33) e consiste in un tubo di vetro lungo più di trenta pollici, chiuso ad un estremo, e aperto dall'altro, si riempie di mercurio per l'estremità aperta, chiusa ch'è questa col dito o altrimenti, si capovolge in una vaschetta di legno duro o di cristallo, tenendola chiusa fino a che non sia immersa nel mercurio posto nella vaschetta; di poi si suggella il tubo coll'apertura della vaschetta in GH, avendo questa una picciolissima apertura per la quale s'immette l'aria, il mercurio discende nel tubo ad un certo punto finchè equilibra la pressione dell'aria esteriore che agisce sulla superficie del mercurio della vaschetta, lasciando nella sommità del tubo uno spazio perfettamente vuoto, qualora però si ha avuto cura di ben purgare sì il tubo che il mercurio dall'aria e da'vapori acquosi. Questo vuoto è detto *vuoto barometrico*, esso non contiene tutto al più che vapori mercuriali, la di cui densità dev'essere picciolissima all'ordinaria temperatura dell'atmosfera. L'operazione non è la più semplice, e dev'essere eseguita con molta precauzione, richiedendosi un esercizio per siffatte costruzioni. Or è necessario marcare con precisione l'altezza della colonna di mercurio il che si ottieneper mezzo di una scala graduata, e bisogna che lo zero di questa corrisponda in tutte le osservazioni al livello della superficie del mercurio nella vaschetta, ciò si avrà o rendendo movibile la scala, o rendendo movibile il fondo

della vaschetta. Quei che hanno il fondo della vaschetta movibile, cotesto movimento si ottiene per mezzo di una vite A che lo fa sollevare o abbassare, sollevandosi o abbassandosi parimente il livello del mercurio. Con questo mezzo si può riportare il livello del mercurio allo zero della scala, il che viene indicato da una piccola asticina di avorio alla di cui base v'è un bottone anche di avorio che poggia sulla superficie del mercurio, come si vede nella Fig. 34). La scala in questa costruzione è fissa ed è tracciata o su di un tubo di ottone che circonda per circa i due terzi il tubo barometrico per assicurarlo, ovvero è segnata su laminetta di ottone fissata su di un armaggio di legno sul quale è assicurato tutto l'apparecchio.

Essendo quasichè difficile eseguire le osservazioni sempre alla stessa temperatura, e potendo questa influire non solo sulla dilatazione del mercurio, ma ancora sulla dilatazione della laminetta metallica su cui è segnata la scala, apportando si nell'uno che nell'altro caso degli errori, particolarmente negli sperimenti di comparazione, così è necessario riportare per mezzo del calcolo le osservazioni barometriche ad una stessa temperatura, che ordinariamente è quella di zero; ed acciò si conosca esattamente la temperatura nel momento dell'osservazione, ciascun barometro è affiancato da un piccolo termometro sensibilissimo.

Dulong e Petit si sono assicurati con ripetuti sperimenti che un volume qualunque di mercurio alla temperatura del ghiaccio fondente aumenta di $^1/_{5550}$ del suo volume, per l'aumento di ciascun grado di temperatura del termometro centigrado. Perciò la colonna barometrica che alla temperatura di zero sarebbe $0,^{m.}$ 760, alla temperatura di 20° centigradi verrebbe accresciuta di 20 volte $^1/_{5550}$ di $0^{m.}$ 760, che corrisponderebbe quest'accrescimento a $2^{m.}$ 73, senza apportare alcun aumento di peso; talmentechè leggendosi sulla scala $762^{mm.}$ 73 alla temperatura di 20.° corrisponde a $760^{mm.}$ alla temperatura del ghiaccio fondente, ovvero a zero del ter-

mometro. Per correggere le differenze cagionate dalla temperatura, ogni qualvolta questa sarà differente da quella del ghiaccio che si fonde, e per riportare l'altezza del barometro a quella che essa sarebbe allo zero del termometro, si consulterà la seguente tavola.

GRADI CENTIGRADI	RIDUZIONE	GRADI CENTIGRADI	RIDUZIONE
1°	0, 14	21°	2, 88
2	0, 27	22	3, 00
3	0, 41	23	3, 13
4	0, 55	24	3, 27
5	0, 68	25	3, 40
6	0, 82	26	3, 54
7	0, 96	27	3, 68
8	1, 09	28	3, 81
9	1, 23	29	3, 94
10	1, 37	30	4, 09
11	1, 51	31	4, 23
12	1, 64	32	4, 36
13	1, 77	33	4, 49
14	1, 91	34	4, 63
15	2, 04	35	4, 77
16	2, 18	36	4, 90
17	2, 33	37	5, 04
18	2, 46	38	5, 17
19	2, 59	39	5, 30
20	2, 73	40	5, 44

È necessario avvertire che queste quantità devono sottrarsi allorchè la temperatura è al di sopra di zero, ed aggiungersi quando fosse al di sotto di zero.

85. Due barometri simili in costruzione a quello che abbiamo descritto non dinotano la medesima altezza, qualora i diametri interni dei tubi sono disuguali, essendo quest'altezza tanto più piccola per quanto il diametro del tubo è più piccolo,

dipendendo queste depressioni dalla capillarità del tubo. La tavola seguente indica l'abbassamento corrispondente a' diversi diametri calcolata dal sig. Laplace dietro sperimenti precisi, pel diametro del tubo barometrico di due millimetri fino a 20 millimetri, perciò questa quantità bisogna aggiungerla all'altezza osservata.

TAVOLA

Delle depressioni del mercurio nel barometro dovuta alla capillarità del tubo.

Diametro interno del tubo in millimetri.	Depressione in millimetri.	Diametro interno del tubo in millimetri.	Depressione in millimetri.
2	4. 56	11	0. 35
3	2. 90	12	0. 26
4	2. 04	13	0. 20
5	1. 51	14	0. 16
6	1. 15	15	0 12
7	0. 88	16	0. 10
8	0. 69	17	0. 08
9	0. 54	18	0. 06
10	0. 42	19	0. 05
		20	0. 04

Per maggior chiarezza applichiamo ad un esempio queste due correzioni. Supponiamo che si sia osservato il barometro a 770 millimetri, il termometro centigrado a 25.°, e che il tubo barometrico abbia 3 millimetri di larghezza interna. Nella tavola di depressione per la capillarità del tubo si vede che bisogna aggiungere 2$^{mm.}$ 90, il che da 772$^{mm.}$ 90,

e nella tavola delle riduzioni di temperatura che bisogna sottrarre $3^{mm.}$ 40, perciò la vera altezza sarebbe $769^{mm.}$ 50 se il termometro fosse a zero, e se non vi fosse veruna depressione cagionata dalla capillarità del tubo, vale a dire l'altezza prodotta esclusivamente dalla pressione atmosferica.

Questa precisione è indispensabile qualora si tratta di esperimenti delicatissimi di fisica e di chimica, come nella determinazione del peso specifico dei gas, e nella determinazione delle altezze per mezzo del barometro, del che faremo parola nel prosieguo.

Barometro a sifone.

86. Il barometro a sifone, così chiamato per la sua forma, è rappresentato dalla (Fig. 35). Per costruirlo si prende un tubo di vetro cilindrico ben calibrato, chiuso ad un estremo e dall'altro aperto, a cui si dà la forma di un sifone curvandolo alla lampada, in modo che l'estremità aperta sia nel braccio più corto, e l'altro braccio che ha l'estremità chiusa sia di lunghezza al di là di 30 pollici parigini. Si fa asciugare il tubo perfettamente e si riempie di mercurio a diverse riprese, facendolo bollire in ciascuna introduzione, per privarlo esattamente di aria e di umidità, come si è detto poco anzi. Ciò fatto, si adatti su di una tavoletta colla curvatura in basso; se A è il livello del mercurio nel braccio aperto, e B quello del mercurio nel braccio chiuso è chiaro che una colonna di mercurio dell'altezza corrispondente alla differenza di livello AB uguaglia il peso di una colonna di aria atmosferica di simile diametro.

Questa colonna di mercurio si può misurare mediante una scala che si fa muovere parallelamente al braccio CB, mettendo sempre lo zero della scala al punto del livello del mercurio nel braccio aperto. Qualora il tubo è esattamente cilindrico, a ciascun cangiamento di pressione, il mercurio si abbassa di tanto in un braccio, per quanto s'innalza nell'altro,

dimodochè si può avere la variazione nell'altezza barometrica, osservando la variazione di uno de'livelli, e raddoppiandola.

Il barometro a sifone non ha bisogno di correzioni per la capillarità del tubo, perchè le due braccia essendo sensibilmente dello stesso diametro, la tendenza alla depressione è uguale sì da una parte che dall'altra, e quest'azione è controbbilanciata.

Per rendere portabile il barometro a sifone, si pensò di adattare un rubinetto al braccio aperto; ciò apportava una untuosità al mercurio prodotta dalla sostanza grassa che s'impiegava nel gioco del rubinetto. Il Sig. Gay-Lussac ha evitato l'impiego del rubinetto, riunendo le due braccia AB ed EC del barometro (Fig. 36) per mezzo di un tubo BC di un diametro molto più piccolo che forma il gomito il braccio corto è anche chiuso alla sua estremità, soltanto lateralmente ha una apertura capillare E in forma d'imbuto. Quest'apertura è sufficiente per far agire la pressione atmosferica sul mercurio nel braccio più corto, ed è troppo piccola per dar uscita al mercurio quando si rovescia il barometro per trasportarlo comodamente da un luogo in un'altro. Taluni fisici hanno accusata questa costruzione perchè permette dopo qualche tempo l'introduzione di una porzione di aria nel braccio più lungo; d'altronde i Signori Gay-Lussac e Descotils si sono serviti di strumenti costruiti in questo modo in diversi viaggi, senza averci osservato alcun inconveniente.

Barometro a quadrante.

87. Il barometro a quadrante (Fig. 37) non differisce in altro dal barometro a sifone, che dall'esservi fissata un poco al di sopra del più corto braccio una piccola puleggia A, il di cui asse è fisso nel centro di un quadrante dietro del quale è attaccato il barometro. Sulla puleggia è attaccato un indice atto ad indicare le divisioni del quadrante, nella scannellatura del-

la puleggia vi è avvolto un filo, alle di cui estremità sono sospesi due piccoli pesi uguali p,′ e p″, dei quali uno penetra nell'interno del braccio aperto, poggiando sulla superficie del mercurio; e l'altro è libero da fuori. Il sistema di questi due pesi è tale che sono perfettamente mobili intorno alla puleggia A, e che il peso p′ non fa che toccare semplicemente sulla superficie del mercurio senza apportarci la menoma pressione.

Da questa descrizione si rileva chiaramente l'andamento dello strumento. Allorchè il mercurio si abbassa nel braccio più corto s'eleva nell'altro, vale a dire quando l'atmosfera si rende più pesante, il peso p′ discenderà perchè si abbassa il mercurio sottoposto; e l'estremità dell'indice marcherà i punti superiori sul quadrante. Quando il mercurio s'innalza nel braccio corto e si abbassa nel più lungo, il peso p′ è spinto sopra dal mercurio sottoposto, e l'estremità dell'indice marcherà dei punti in basso nel quadrante; così quando il mercurio sarà ad un'altezza media, l'estremità dell'indice indicherà ugualmante dei punti verso il mezzo del quadrante.

Prima di dar luogo ad osservazioni con questo barometro è necessario dare una leggiera scossa per vincere l'aderenza delle differenti parti; questa precauzione però non mette al caso questo barometro di essere usato nelle osservazioni in cui si richiede molta esattezza; non potendo dare indicazioni di molta precisione, sì per la sua inerzia, che per lo strofinio della girella.

L'altezza più comune del barometro al livello del mare allorchè il tempo è in calma è di 0,$^{mm.}$ 760, o 28 pollici circa parigini, perciò quest'altezza si tiene per altezza media; ma allorchè il tempo è agitato o è vicina la tempesta, l'altezza del barometro prova variazioni continue.

Le osservazioni barometriche periodiche eseguite in un medesimo luogo, possono servire per indicare approssimativamente lo stato meteorico di quel luogo, perciò si stabiliscono giornali metereologici nei quali le indicazioni dell'altezza del barometro prendono una parte interessante. Dappoichè il

peso dell'atmosfera non varia solo per le diverse altezze dal livello del mare; ma c'influiscono ancora qui cangiamenti rapidi e frequenti che succedono in essa o per le variazione di temperatura o per la sospensione di taluni corpi; delle quali alterazioni bisogna tenerne conto non solo negli sperimenti de'nostri laboratori, ove l'esattezza è una condizione necessaria; ma ancora negli usi della vita, e nelle operazioni delle arti e dell'agricoltura, esercitando un'azione attiva e permanente in tutto. Da osservazioni ripetute s'è conosciuto che in un gran numero di casi allorchè il barometro si abbassa è imminente la pioggia, ed allorchè si eleva il tempo diviene sereno. Essendo il più delle volte queste indicazioni di *bel tempo*, *pioggia*, *variabile*, ed altre simili espresse sulla scala barometrica. Nel barometro a quadrante nella parte più bassa del quadrante sta indicato bel tempo, nella più alta cattivo tempo, e variabile nei punti intermedi vi sono alcune anomalie in questa regola, pure sono più i casi ne'quali essa si verifica. Oltre a ciò si è riconosciuto che il barometro, malgrado tutte le irregolarità del suo andamento, quasi è generalmenete sottomesso ad una causa che lo fa montare e discendere periodicamente in certe ore del giorno. Di fatti esso giunge a maggiore altezza verso le nove del mattino, e di poi discende fino alle quattro della sera; comincia a montare di bel nuovo fino alle undici della sera, e discende fino alle quattro del mattino, e ritorna di poi a montare fino alle nove; ciò risulta particolarmente da osservazioni fatte in America dal Sig. Humboldt ove lo stato atmosferico è meno variabile che in Europa. Sotto i tropici è di tal costanza che al dire del Sig. Humboldt il barometro può servire ad indicare le ore del giorno; lo chè si può attribuire secondo tutte le probabilità al riscaldamento ineguale dell'atmosfera per cui si stabilisce una corrente ascendente di aria riscaldata in quelle parti della Terra che sono assoggettate a maggior calore.

Per eseguire osservazioni sul barometro in un medesimo luogo, il barometro inclinato è più comodo, perchè la colon-

na di mercurio essendo di tanto più lunga per quanto è maggiore questa inclinazione, perciò le variazioni saranno più sensibili nella stessa ragione.

Macchina Pneumatica.

89. La maggior parte delle proprietà dell'aria possono essere dimostrate facilmente mediante della macchina pneumatica, inventata da Ottone Guerick, ch'è una macchina ideata per rarefar sempre più l'aria contenuta in uno spazio determinato.

La primitiva costruzione ha molte imperfezioni, e non consiste in altro che in un cilindro di metallo AB (Fig. 38) nel quale agisce a sfregamento uno stantuffo S mosso da un' asta L, la base di questo cilindro è avvitata ad un recipiente di cristallo, ed è attraversata da un rubinetto R, che apre o chiude la comunicazione tra il cilindro ed il recipiente; nella parete laterale del cilindro vi è un altro rubinetto R' che intercetta o mette in comunicazione l'aria interna del cilindro coll'esterna. La rarefazione dell'aria nel recipiente si ha nel seguente modo. Si apre il rubinetto R' e si spinge lo stantuffo fino alla base del cilindro, quindi si chiude questo rubinetto e si apre il rubinetto R, alzando lo stantuffo si produrrà un vuoto al di sotto di esso che viene occupato dall'aria del recipiente che si spande in esso rarefacendosi; si chiude il rubinetto R e si apre il rubinetto R', e si comprime lo stantuffo fino alla base del cilindro, l'aria contenuta nel cilindro sarà obbligata ad uscire pel rubinetto R', si chiude questo e si apre il rubinetto R, alzando lo stantuffo, l'aria del recipiente si spanderà nel cilindro e verrà scacciata da questo comprimendo lo stantuffo verso la base del cilindro, avendo prima chiuso il rubinetto R ed aperto l'altro R'; ripetendo questa operazione l'aria del recipiente viene progressivamente rarefatta. È facile comprendere che la massa dell'aria decresce in progressione geometrica, allorchè il numero dei colpi di stantuffo aumenta in progressione aritmetica, poichè il gioco dell'apparecchio scaccia in cia-

scun colpo la stessa frazione della massa di aria restante; frazione che ha per numeratore lo spazio compreso nell'interno del tubo, e per denominatore il volume corrispondente alla capacità di tutto l'apparecchio.

90. La macchina costruita nel modo descritto presenta non pochi incomodi dovendosi muovere i rubinetti in ogni ascesa e discesa dello stantuffo, dippiù l'aria rarefacendosi nell'interno dell'apparecchio non può equilibrare la pressione dell'aria esteriore sullo stantuffo, perciò vi bisogna una forza sempre crescente a proporzione che si aumenta la differenza tra l'elasticità dell'aria interna e l'esterna; talmentechè quando l'aria interna è molto rarefatta per sollevare lo stantuffo non solamente bisogna vincere l'attrito di questo colla parete interna del cilindro, ma bisogna sollevare un peso presso a poco uguale a quello di una colonna di aria atmosferica del diametro dello stantuffo, ovvero un peso di poco inferiore a quello di una colonna di mercurio dell'altezza di 28 pollici, sforzo non tanto facile a disimpegnarsi particolarmente quando il diametro dello stantuffo è di una certa grandezza.

Nelle macchine pneumatiche attualmente in uso sono eliminati quest' inconvenienti; mettendosi in movimento contemporaneamente due stantuffi che agiscono in due tubi di metallo, che sono chiamate le trombe della macchina. Questi stantuffi sono perfettamente uguali, le di cui aste sono armate di seghe dentate, che ingranano in una ruota dentata la quale si mette in movimento collo bilicare di una leva come vedesi nella (Fig. 39); in questo caso il peso dell'atmosfera, che gravita su di uno stantuffo è contrabbilanciato dal peso della stessa atmosfera che agisce sull'altro stantuffo; perciò non resta a vincere che la resistenza prodotta dall'attrito.

Un piatto orizzontale GG di vetro o di metallo è situato al di dietro delle trombe, e serve di appoggio alla campana R, nella quale si vuole praticare il vuoto, esso è perfettamente levigato, ed è unto con sevo ed oglio, affinchè l'orlo della cam-

pana bene arrotato vi combaci perfettamente in modo da non farvi penetrare veruna piccola porzione di aria.

Un tubo ricurvo VO che dividesi in due canali va dal centro V del piatto al fondo delle due trombe. Nei fondi di queste due trombe vi sono due valvole che si aprono da sotto in sopra per dar esito all'aria del recipiente. Altre due valvole sono ne'rispettivi stantuffi che si aprono parimente da sotto in sopra. Dato un movimento di altaleno alla leva si dà un movimento alternativo alla ruota dentata, che lo comunica alle spranghe con le seghe dentate, dimodochè i stantuffi si alzano e si abbassano nelle trombe alternativamente. Nell'alzarsi uno stantuffo la sua valvola si chiude producendosi un vuoto al di sotto, e la valvola sottoposta situata alla base della tromba non essendo più compressa, pel vuoto prodotto al di sopra, viene aperta dalla forza elastica dell'aria sottoposta, e l'aria della campana si dilata diffondendosi nel vuoto prodotto nella tromba, mediante il tubo VO; nella discesa che fa il medesimo stantuffo l'aria sottoposta si comprime, e acquista tanta elasticità da aprire la sua valvola, e chiudere quella posta nella base della tromba, dimodochè l'aria introdotta nel corpo della tromba n' esce fuori. Altalenando la leva si estrarrà progressivamente l'aria dalla campana.

In talune macchine in vece della valvola che chiude il foro O alla base della tromba, v'è un piccolo turaccio di forma conica posto all'estremità di un'asta che attraversa lo stantuffo verticalmente, il quale chiude allorchè lo stantuffo discende, ed apre allorchè s'innalza. L'estremità V del tubo, che sporge nel mezzo del piatto, è lavorata a vite per adattarvi i rubinetti.

91. Nel modo detto poc'anzi si può calcolare facilmente qual rarefazione si opera nell'aria della campana per ogni alzata di stantuffo, e ciò conoscendosi la capacità della campana, e lo spazio percorso dal movimento dello stantuffo. Pure si preferisce l'uso di uno strumento chiamato *provino*, *manometro*, o *piccolo barometro* che va tra gli arredi di ciascuna macchina. Il manome-

tro è un corto barometro a sifone (Fig. 40), che ha due braccia uguali, lunghe circa 8 a 10 pollici. Il tubo ABCD è attaccato sopra di un'assicella graduata, ed è custodito da una piccola campana di vetro, il di cui piede forato può attaccarsi a vite a qualche punto del tubo che va alle trombe, o pure è sostenuto da un piede per potersi situare sotto la campana. Un estremo di un braccio del manometro e chiuso e l'altro è aperto, da questo vi s'introduce il mercurio purgato di aria, e di umidità, come si pratica pel barometro; il mercurio essendo premuto dalla colonna atmosferica che agisce sul braccio aperto, ascende fino alla sommità del braccio chiuso, e salirebbe dippiù fino all'altezza di 28 pollici se non fosse ritenuto, talmentechè il mercurio nel manometro esercita uno sforzo contro l'estremità chiusa del tubo.

Rarefacendosi l'aria nell'interno della campana si minora la pressione sul livello del mercurio nel braccio aperto, ed allorchè è minorata di tanto da essere inferiore della pressione della colonna di mercurio posta nel braccio chiuso, si vede il mercurio abbassarsi in questo e ascendere nell'altro. Se si potesse avere un vuoto perfetto il mercurio si metterebbe allo stesso livello nelle due braccia, ma avendosi un vuoto approssimativo, si può conoscere l'aria che vi rimane osservando sulla scala la differenza di livello, e calcolandone la rarefazione dietro la legge di Mariotte. Supponiamo che il manometro segni per questa differenza 4 millimetri, e che il barometro all'aria aperta stia a 768 millimetri; la dilatazione dell'aria della campana paragonata a quella dell'aria esteriore sarà espressa dal rapporto di 768 : 4 o come 192 : 1; vale a dire che l'aria nell'interno della campana è 192 volte meno densa che al di fuori, ovvero quella che riempie attualmente la campana diverrebbe densa come l'aria esterna qualora fosse ridotta a non occupare più che $^1/_{192}$ dello spazio ove è racchiusa.

Qualunque sia la bontà di una macchina pneumatica, non

si perviene giammai a fare il vuoto perfetto nel recipieute, perchè a ciascuna ascensione dello stantuffo, l'aria contenuta nel recipiente, si rarefà sempre più per la minorazione di quella porzione che ne viene immessa ne' corpi delle trombe, la porzione che rimane, per piccola che sia si dilata, e si spande in tutto il recipiente, perciò coll'agire continuato non si fà che rarefare sempre di più in più l'aria nel recipiente, senza mai eliminarla totalmente.

92. La macchina pneumatica è tra le macchine usitatissime in Fisica sì per vuotare l'aria dai recipienti, come ancora per dimostrare l'influenza dell'aria su i corpi. Per esempio si vuole dimostrare la necessità dell'aria nella respirazione degli animali, e nella combustione; basta collocare sotto la campana della macchina pneumatica un uccelletto o un corpo in combustione, posto in movimento la macchina si vedrà quell'animaletto soffrire una respirazione ansante, e quindi morire; ed il corpo in combustione si spegne allorchè l'aria e rarefatta ad un certo punto.

L'esistenza dell'aria nell'acqua e negli altri liquidi può essere dimostrata per mezzo della macchina pneumatica. Di fatti, situando sotto il recipiente della macchina pneumatica uno di questi liquidi, dopo pochi colpi di stantuffo si osserverà che l'aria si sviluppa dal liquido in tante bolle.

Ci possiamo assicurare per mezzo della macchina pneumatica, che l'ebollizione de'liquidi sulle montagne elevate si effettuisce a temperatura più bassa, che al livello del mare; mettendo dell'acqua tiepida sotto la campana della macchina pneumatica, e rarefacendo l'aria ad un certo punto si perviene a farla bollire; facendo rientrar l'aria cessa all'istante l'ebbollizione.

Mediante la macchina pneumatica si può adempire all'esperimento poc'anzi indicato, per dimostrare che i fluidi aeriformi esercitano le pressioni sulle parete de'vasi, e si dilatano fino a che trovano spazio libero da occupare, e possiamo convincerci facilmente della pressione atmosferica, nel seguen-

te modo. Se si adatti con una delle due aperture sul piatto della macchina pneumatica un tubo conico o cilindrico, di metallo o di cristallo aperto alle due estremità, e sull'apertura superiore si attacca fortemente un pezzo di vescica o di pergamena, a proporzione che si farà il vuoto nel tubo, l'aria esterna comprimerà fortemente sul pezzo di pergamena, fino a creparla. Se in vece della pergamena si suggelli una lastricina di vetro sul tubo, si romperà facilmente. E se in vece della lastricina di vetro vi si suggelli una vaschetta di legno che contenga acqua o mercurio, l'aria esterna agirà con tanta pressione sulla superficie dell'acqua o del mercurio, da costringerla ad attraversare i pori del legno, talmentechè si vedrà cadere a piccole gocce o l'acqua o il mercurio nell'interno del tubo.

Emisferi di Magdebourg.

93. Gli emisferi di Magdebourg sono opportuni a dimostrare che la pressione atmosferica si esegue in tutte le direzioni. Consistono in due emisferi di metallo incavati, i di cui bordi sono bene arrotati da combaciare esattamente. Ad uno di essi è attaccato a vite o a cerniera una maniglia, ed all'altro un rubinetto che comunica nella parte concava, mediante il quale si avvita in mezzo al piatto della macchina pneumatica; si ungono i bordi con una sostanza untuosa per impedire che l'aria potesse penetrare nell'interno de' due emisferi. Fintantochè l'aria interna ha la stessa densità dell'aria esterna, i due emisferi si possono separare colla massima facilità, ma se si rarefà l'aria nel loro interno, vengono sì fortemente compressi tra loro per la pressione dell'aria esteriore, che bisognano sforzi grandissimi per separarli; talmentechè rarefatta di molto l'aria si giunge a tale pressione, che lo sforzò di due cavalli che agiscono in direzioni opposte non giunge a staccarli.

La fontana di compressione nel vuoto può convincerci del-

l'espansibilità dell'aria; essa consiste in una boccetta di cristallo ripiena per metà di acqua la quale è chiusa esattamente da un turacciuolo di metallo attraverso del quale passa un tubo di vetro che s'introduce nella boccetta fino alla prossimità del fondo, situando quest'apparecchio sotto la campana della macchina pneumatica, fatto il vuoto cessa la pressione dell'aria esterna sul tubo aperto, e l'elasticità dell'aria interna costringe l'acqua ad ascendere pel tubo e zampillare ad una altezza più o meno grande, a proporzione che il vuoto si rende più perfetto, dilatandosi di tanto l'aria posta al di sopra dell'acqua nella boccetta da scacciarne quasi tutta l'acqua.

Siringa di compressione.

94. La siringa di compressione eseguе un'operazione opposta a quella della macchina pneumatica, essendo destinata a condensare l'aria, qualora la macchina pneumatica è addetta a rarefarla. La (Fig. 41) ne rappresenta la più semplice costruzione; essa consiste in un corpo di tromba AC nel quale striscia a sfregamento uno stantuffo P, la parte inferiore del corpo di tromba ha un piccolo condotto al quale si avvita un recipiente B in cui si condensa l'aria; all'entrata di questo condotto vi è una valvola S che si apre da alto in basso, e nella parte superiore del corpo di tromba vi è una piccola apertura t, per la quale s'intromette l'aria esterna. È chiaro che premendo lo stantuffo nel corpo di tromba, tutta l'aria che si trova al di sotto di esso venendo fortemente compressa, obbliga la valvola S ad aprirsi, e l'aria s'intromette nel recipiente B; quando poi s'innalza lo stantuffo si fa un vuoto nella canna della tromba, e la forza elastica dell'aria del recipiente tiene chiusa la valvola che impedisce l'uscita dell'aria; allorchè lo stantuffo giunge al di sopra dell'apertura t l'aria esterna si precipita nel vuoto formatosi al di sotto, e lo riempie completamente. Abbassandolo di nuovo, quest'aria s' immette nel recipiente

B; talmentechè ripetendo quest' operazione più volte vi si condenserà progressivamente.

Alcune siringhe di costruzione più recente hanno qualche piccola modificazione, ed è che la valvola S è rimpiazzata da una valvola meccanica che si apre da fuori in dentro per dar passaggio a tutto ciò che tende ad entrare nel recipiente B, ed è fermata subito da una molla che preme sulla valvola ed impedisce l'uscita dell'aria. L'apertura t praticata nella canna della tromba e rimpiazzata da una valvola L che si apre dall'esterno all'interno, e si chiude sopra se stessa, subitochè l'aria nella canna abbia acquistato nn certo grado di elasticità; alle volte questa valvola si trova nello stantuffo. Vedi Fig. 42.

95. Per rendere l'azione della macchina continuata s'impiegano due trombe che si dispongono come quelle della macchina pneumatica, per mezzo di una ruota dentata, ma in questa non si ha lo stesso vantaggio che in quella, perchè sempre vi bisogna uno sforzo considerevole per comprimere l'aria nel recipiente, il quale si accresce a proporzione che l'aria si condensa; per minorarlo non si può far altro che impicciolire per quanto si può il diametro dello stantuffo.

96. Per impedire qualche danno che potrebbe avvenire dalla rottura del recipiente per effetto dell'aria compressa; si circonda questo da una forte rete metallica, e si chiude tra due piani di ottone con alcune viti.

È chiaro che mercè la siringa della macchina di compressione s' immette nel recipiente sempre la stessa quantità di aria. Al contrario nella macchina pneumatica la quantità di aria che si estrae segue una progressione geometrica molto decrescente.

Per giudicare del grado di condensazione dell' aria in questo apparecchio il mezzo che si presenta naturalmente sarebbe quello di mettere in comunicazione con l'aria del recipiente la vaschetta di un barometro il di cui tubo fosse aperto ai due estremi. Poichè chiaramente si conosce, che nella inazione della macchina, l'aria interna del recipiente avendo la stessa elasticità dell'aria esterna, il mercurio nella vaschetta si mette

allo stesso livello di quello del tubo; ma a proporzione che si condensa l'aria, siccome la sua forza elastica si accresce progressivamente il mercurio del pari salirà nel tubo, e da questa elevazione si conoscerà il grado di condensazione: per esempio se il mercurio si è elevato nel tubo all'altezza di 28 pollici è segno che la forza elastica dell'aria compressa corrisponde al peso di due atmosfere; se si è elevato a 56 pollici, a quello di tre atmosfere, e così di seguito.

Or siccome questo mezzo esigerebbe un tubo barometrico molto lungo, perciò si preferisce un apparecchio che si compone di una vaschetta piena di mercurio, nella quale s'immerge un tubo di una certa grandezza, chiuso per la sua estremità superiore, e pieno di aria alla pressione ordinaria; si avvita quest'apparecchio sul tubo CD che stabilisce la comunicazione tra il corpo della tromba ed il recipiente; in modo che la vaschetta abbia il solo contatto dell'aria del recipiente senza comunicazione coll'aria esteriore. Prima di mettere in attività la macchina l'aria interna del tubo immerso nel mercurio della vaschette, avendo la stessa elasticità dell'aria del recipiente il livello del mercurio è lo stesso nel tubo che nella vaschetta, ma a proporzione che si opera la condensazione, il mercurio della vaschetta essendo premuto da una forza maggiore, il livello cangia, perciò il mercurio salirà di più in più nel tubo; e così dalla differenza di livello si può giudicare facilmente del grado di condensazione. Vedi Fig. 43.

Fucile a vento, o pneumatico.

97. Gli effetti del fucile a vento sono dovuti all'aria compressa. La sua parte principale è una culatta di fucile vuota costruita di ferro fuso, o di lamina di rame ben massiccia e ben saldata, all'imboccatura della quale si trova una valvola che si apre da fuori in dentro. Per caricare questo fucile si avvita all'imboccatura della culatta una siringa di compressione; allorchè si è condensata una gran quantità di aria, si toglie la si-

ringa, e si mette al suo posto una canna di ferro fuso della lunghezza di 4 palmi circa, nella quale s'intromette una palla di piombo del suo calibro, che si calça in basso collo stoppaccio, come nel fucile ordinario. Per tirare colpi con questo fucile, basta dare un movimento istantaneo col dito ad una piccola molla per aprire momentaneamente la valvola; una porzione di aria dalla culatta ne scappa con una violenza corrispondente alla sua tensione elastica; dimodochè viene spinta la palla ad una distanza più o meno grande. Siccome la valvola si chiude immediatamente, perciò non scappa che una piccola porzione dell'aria condensata, talmentechè restando ancora compressa si possono tirare un certo numero di colpi con questo fucile senza essere obbligato di caricarlo di nuovo. Vero si è che minorandosi la forza elastica dell'aria sussecutivamente, i colpi vanno minorando progressivamente d'intensità.

Allorchè si trova qualche materia dura nello stoppaccio, come della sabbia del legno, si osserva uno sviluppo di luce alla bocca della canna nell'atto del colpo.

Fontana di compressione.

98. La Fontana di compressione deve anche la sua attività all'azione dell'aria compressa che agisce sulla superficie dell'acqua. Essa consiste in un vase di una forma qualunque ABCD alla di cui imboccatura è adattata a vite un tubo FL che s' intromette fino alla prossimità del suo fondo, avendo nella sua parte superiore un rubinetto R. Si riempie il vase per più dei due terzi di acqua, restando la sua parta superiore occupata dall'aria; si adatta all'apertura del tubo una siringa di compressione, come nel fucile a vento, e tenendo aperto il rubinetto si comprime l'aria fortemente; ciò fatto si chiude il rubinetto R e si toglie la siringa, sostituendoci in vece un tubo stretto. Se si apre il rubinetto R, l'aria condensata al di sopra dell'acqua avendo una forza elastica superiore a quella dell'aria esterna che preme sull'acqua per l'apertura del tubo,

la spinge e la fa uscire sotto forma di un getto, il quale si innalza da principio a grande altezza, e si abbassa gradatamente a misura che la forza elastica dell'aria interna diminuisce, e finalmente cessa del tutto, allorchè l'elasticità dell'aria interna pareggia quella dell'aria esterna. Vedi Fig. 44.

Fontana intermittente.

99. La fontana intermittente offre un'applicazione dell'elasticità e del peso dell'aria, ed è espressa nella (Fig. 45). Un vase di vetro MN è il serbatojo di acqua ch'è sostenuto da un tubo AB aperto ai suoi estremi, che l'attraversa nella direzione del suo asse verticale, la di cui estremità superiore è un poco al di sotto della parete superiore del vase, e la sua estremità inferiore è piantata nel mezzo del fondo di una vaschetta CD, avendo a poca distanza dal fondo della vaschetta, e propriamente in L una piccola apertura. Nella parete inferiore del vase MN sono praticate circolarmente alcuni piccoli buchi t, t', t'', t''', ai quali sono adattati i corrispondenti tubicini, e nel fondo della vaschetta vi è un foro di un'apertura minore della somma delle aperture t, t', t'', t'''.

Si empie il pallone quasi interamente di acqua per l'apertura O praticata nella sua sommità, la quale si chiude con turacciolo smerigliato, o altrimente. L'aria interna essendo posta in equilibrio coll'aria esterna, per la comunicazione che vi è tra loro, mercè l'apertura L praticata nella base del tubo; il liquido scola pel proprio peso per gli orifizj t, t' t'' t''' e va a cadere nella vaschetta CD, dalla quale s'immette in un recipiente sottoposto passando pel foro praticato nel suo fondo; or essendo quest'apertura di tal grossezza che lascia passare minor quantità di acqua di quella che ne cade nella vaschetta, deve succedere necessariamente che l'acqua si eleva in questa vaschetta, ed elevata di tanto finchè giunga ad ostruire il buco L praticato alla base del tubo, così si chiude la comunicazione dell'aria esterna coll'interno del vase, tal-

mentechè non s' immette più aria nell' interno di questo, e non essendovi più passaggio di aria nell' interno del vase, l 'acqua seguita a scaturire per le aperture t, t', t'', t''' fino a che l'aria rimasta chiusa nella sommità del vase si dilata, minorandosi la sua forza elastica di tanto da esser questa ed il peso dell' acqua equilibrata dalla pressione che l' aria esteriore esercita sulle boccucce dei tubicini t, t', t'', t'''. Stabilitosi quest' equilibrio cessa lo scolo per questi tubicini. Intanto l' acqua della vaschetta seguita a sgorgare per la sua apertura, e non essendo rimpiazzata da altr'acqua, non tarda molto a scoprirsi il buco L praticato nella base del tubo, e mettersi così nuovamente in comunicazione l'aria esterna coll'interna del vase, talmentechè accresciutasi la forza elastica dell'aria del vase, lo scolo per i forellini ricomincia di bel nuovo, e si arresta subitochè l' acqua nella vaschetta giunga un'altra volta ad ostruire l'apertura L alla base del tubo, e seguita così alternando fino a che non vi resta più acqua nel vase.

Fontana di Erone.

100. Questa fontana, così detta dal nome del suo inventore che visse in Alessandria 120 anni prima dell'era cristiana, componesi di una vasca D sovrapposta a due palloli A e B (Fig. 46) l'uno superiore, e l'altro inferiore, uniti con un fusto C attraversato questo da due tubi IM ed OK, il primo di questi mette in comunicazione i due palloni tra loro e finisce in I, e in M, nella parte superiore de'medesimi; l' altro va dal fondo K del pallone inferiore fino alla vasca D, ove apresi in O, senza avere comunicazione col pallone superiore; finalmente un terzo tubo NE comunica dal basso di questo pallone con la vasca, il quale è aperto verso il fondo N, e superiormente finisce con uno spillo E che si mette o si toglie quando si vuole.

Svitasi lo spillo E, e versasi dell' acqua nel tubo EN, fino a che il pallone superiore A ne contenga circa i tre quarti della

sua capacità. L'aria contenuta in questo recipiente passa prima nel pallone inferiore B pel tubo IM, poscia nella vasca pel tubo KO, quest'ultimo pallone B non contiene ancora acqua, e avvitasi lo spillo E: l'acqua del pallone A non è compressa che dall'atmosfera, mentre l'aria agisce sugli orifizj I, E, O con la stessa forza, perciò l'acqua innalzasi nel tubo EN allo stesso livello che nel pallone A essendo il tutto in equilibrio. Ciò posto versato l'acqua nella vasca D, questa premerà l'aria del tubo OK, e l'acqua scenderà nel pallone inferiore B, di cui occuperà la parte più bassa, scacciando l'aria che vi si rattrova la quale ascenderà pel tubo MI nel pallone A; quest'aria compressa nel pallone superiore agirà colla sua forza elastica sulla superficie dell'acqua contenutavi, e la scaccerà pel tubo NE, la quale zampillerà per lo spillo, e ricadrà nella vasca, continuerà a scendere nel pallone inferiore per respingere l'aria da questo nel pallone superiore, rimanendo il tubo OK pieno di acqua ed il tubo MI pieno di aria. Cotesto effetto durerà fino a che vi sarà acqua nel pallone posto superiormente.

L'apparato si può fare di vetro o di latta, e si è tentato, con buon esito, di costruirlo in grande sul declivio di una montagna, per far salire alla sua cima l'acqua che esce da qualche parte nel fianco. Allora si sostituisce al serbatojo A una capacità che ponesi vicino alla sorgente, e che può esser riempita da questa immettendovisi mercè un condotto, che si ottura quando essa è piena abbastanza. Un'altra capacità ugualmente chiusa, posta a piè della montagna fa le veci del pallone B; allo spillo si sostituisce un tubo che va fino alla cima. Vi si adattano i medesimi tubi di comunicazione che nella fontana di Erone, e si può alla stessa guisa far salir l'acqua in un serbatojo superiore, riempiendo di acqua il tubo che fa le veci di OK. In tal guisa si può far ascendere circa la quinta parte dell'acqua di una sorgente.

Delle trombe idrauliche.

101. Le trombe idrauliche sono macchine comunemente impiegate per innalzare l'acqua ad una certa altezza, mettendo in esercizio la pressione atmosferica; perciò la loro teoria si trova legata naturalmente a quella dei barometri, e di tutti gli apparecchi i di cui effetti dipendono dal peso dell'atmosfera.

Si distinguono tre specie di trombe, la tromba aspirante la tromba premente, e la tromba aspirante-premente, detta ancora tromba composta.

Tromba aspirante.

102. Il meccanismo e l'effetto della tromba aspirante è simile al meccanismo ed all'effetto di uno dei corpi di tromba della macchina pneumatica; essa consiste in un tubo AB(Fig. 47) detto corpo della tromba, la di cui estremità inferiore s'immerge nell'acqua, o li è aggiunto un tubo più stretto che s'immerge nell'acqua; in questo corpo di tromba agisce a sfregamento uno stantuffo S che si fa salire e scendere coll'ajuto dell'asta T; lo stantuffo S è bucato verticalmente, e nella parte superiore del buco vi è una valvola V che s'apre da basso in alto. Nell'interno della base del corpo di tromba vi è situata un'altra valvola V' che si apre ugualmente da basso in alto, e deve essere dal livello del liquido ad una distanza non maggiore di 32 piedi. Nello stantuffo discendendo la sua valvola V' resta chiusa per effetto del proprio peso, e la valvola V si apre essendo sollevata dalla forza elastica dell'aria che viene compressa tra lo stantuffo e la valvola V', dando così il passaggio all'aria; nell'alzare poi lo stantuffo si forma un vuoto al di sotto di esso, la valvola V si chiude sì pel peso proprio, che per la pressione atmosferica esteriore, e la valvola V' si apre per la forza elastica dell'aria sottoposta, che si spande

per occupare lo spazio vuoto che è al di sotto dello stantuffo, a questo modo la sua forza elastica diminuisce, e la pressione atmosferica che agisce esternamente sulla superficie dell'acqua fa salire l'acqua nella tromba ad una certa altezza al di sotto della valvola V'. Continuando a muovere lo stantuffo si ripetono li stessi effetti. Si vede bene che dopo pochi colpi si scaccerà tutta l'aria posta al di sotto dello stantuffo, e contemporaneamente l'acqua ascenderà ad occupare il suo posto, talmentechè lo stantuffo abbassato di bel nuovo, la valvola V si aprirà e darà passaggio all'acqua introdotta nel corpo di tromba, indi nel sollevare lo stantuffo la sua valvola si chiuderà e l'acqua posta al di sopra di esso non potendo più ricadere, produrrà per conseguenza un vuoto al di sotto di esso che verrà occupato immediatamente da altr'acqua che s'innalzerà, e si farà strada al di sopra dello stantuffo accrescendo la colonna di acqua superiore, cosicchè giunto nella sommità del corpo della tromba scolerà per un tubo laterale O.

Abbiamo detto che la valvola posta nel corpo di tromba deve essere ad una distanza minore di 32 piedi dal livello dell'acqua, perchè la pressione della colonna atmosferica non può equilibrare una colonna di acqua di un'altezza maggiore di 32 piedi.

Tromba premente.

103. La tromba premente è composta da un corpo di tromba AB (Fig. 48), nella quale sale e scende a sfregamento uno stantuffo P perfettamente pieno. Il basso del corpo di tromba è chiuso da una valvola F che si apre da sotto in sopra. Un tubo curvo DC che parte dalla base del corpo di tromba è quello che dà passaggio all'acqua che ascende, avendo nel principio della curvatura una valvola F' che si apre dall'interno all'esterno. Il basso del corpo di tromba s'immerge nel serbatojo di acqua fino all'altezza XY dimodochè il corpo di tromba, ed il tubo di ascensione DC sono costantemente pie-

ni di acqua fino a quest'altezza; allorchè si abbassa lo stantuffo P la valvola F si chiude, e la valvola F si apre per dar uscita all'acqua sottoposta allo stantuffo; succede l'inverso allorchè lo stantuffo si alza, la valvola F si apre, e la valvola F' si chiude, e salirà una porzione di acqua per mettersi in equilibrio. Abbassandosi di bel nuovo lo stantuffo la valvola F si chiude e la valvola F' si apre, e da passaggio all'acqua compressa, la quale ascende nel tubo curvo, eseguendosi in ciascuna ascesa dello stantuffo, un vuoto al di sotto di esso, che viene occupato dall'acqua che sale, con ciascuna discesa questa stessa quantità è spinta per la compressione nel tubo laterale curvo, dimodochè dopo poco tempo si trova ad altezza tale da poter scolare per l'orifizio O.

Tromba aspirante premente o tromba composta.

La tromba composta è stata così chiamata perchè riunisse gli effetti delle due precedenti, e perciò è stata detta ancora tromba aspirante premente; non differisce dalla tromba premente in altro che al di sotto del corpo di tromba vi è un tubo di aspirazione, la di cui estremità inferiore s'immerge nel serbatojo di acqua; allorchè si abbassa lo stantuffo P (Fig. 49), la valvola F si chiude e l'aria sottoposta venendo compressa spinge la valvola F' e se ne scappa. Quando s'innalza lo stantuffo, la valvola F' si chiude, e la valvola F si apre, e l'aria racchiusa tra essa ed il livello dell'acqua si spande in parte nel vuoto formato al di sotto dello stantuffo. Si vede dunque che dopo che lo stantuffo P abbia esercitato il suo movimento per un certo tempo, si giungerà ad innalzare l'acqua al di sopra della valvola F, e di là sarà spinta nel tubo laterale al di sopra della valvola F', e proseguendo si potrà far innalzare l'acqua ad una significante altezza in questo tubo fino a che trova scolo per l'orifizio O. È d'uopo ricordare che acciò possa fare il suo uffizio questa tromba bisogna, come nella tromba aspirante che la volvola F sia

ad un altezza non maggiore di 32 piedi dal livello dell'acqua.

Applicata la forza motrice all'asta dello stantuffo di una tromba, gli effetti di questa saranno determinati, poichè dipendono dalla quantità di acqua innalzata in ogni azione dello stantuffo e dell'altezza a cui si vuole innalzare, perciò si può accrescere a piacimento uno di questi elementi minorando l'altro; così minorando il diametro dello stantuffo si può far crescere l'altezza del tubo di ascensione, ed ingrandendo il diametro dello stantuffo bisognerà minorare l'altezza del tubo di ascensione.

105. È necessario avvertire, che quando lo stantuffo produce il vuoto nel corpo di tromba l'acqua ascende nel tubo di aspirazione e di poi nel corpo di tromba, e nel tubo di ascensione; ma nel movimento retrogrado dello stantuffo succede una interruzione nell'ascensione dell'acqua, ed un passaggio alternativo dallo stato di movimento a quello di riposo, apportando una perdita continua di forza. Ad evitar ciò si suole stabilire in vicinanza del corpo di tromba un recipiente di aria G (Fig. 48) che comunica col tubo di ascensione mediante un'apertura H; qualora lo stantuffo discende per spingere l'acqua nel tubo di ascensione, una porzione di quest'acqua s'immette nel recipiente G comprimendo l'aria che contiene; quando lo stantuffo risale, quest'aria compressa reagisce sulla superficie dell'acqua, e la fa innalzare continuamente nel tubo di ascensione, ottenendosi così un getto continuato e non interrotto.

106 La tromba a doppio stantuffo usata per lo più dai marini, e negli incendii è rappresentata dalla Fig. 50) ABCD è un solo corpo di tromba nel quale agiscono i due stantuffi P.P'; ciascuno è fornito di due valvole situate nello stesso piano che si aprono da sotto in sopra, l'asta dello stantuffo inferiore P' passa a traverso dello stantuffo superiore P strisciando in una guaina di rame, le due aste si prolungano fino al di sopra del corpo di tromba dove si piegano a gomito e vengono inchiavardate in una leva LL' nei punti b e b';

questa leva poggia su di un asse cilindrico ed orizzontale N sostenuto da due forchette verticali F, F' aderenti al corpo di tromba. Le estremità della leva L ed L' sono attraversate da due spranche orizzontali che fanno colla leva un angolo retto, sulle quali spranche agisce a sfregamento la forza muscolare di uomini sì dall'una che dall'altra parte dando alla leva un movimento di altalena.

Torchio idraulico.

107 Il Signor Bramah di Londra nel 1796 ottenne una patente come inventore di una nuova macchina fondata sul teorema d'idrostatica dimostrato circa 150 anni prima dal celebre Pascal. Ricordando ciò che abbiamo esposto nei principi d'idrostatica per comprovare la verità dell'anzidetto teorema ci vien presente, che un liquido si mette allo stesso livello nelle due braccia di un tubo curvó non ostante che le sue braccia siano di diametri disugualissimi; dal che è facile conchiudere che pressioni operate da masse liquide disugualissime si equilibrano, e quest'equilibrio non si disturba se sulle superficie de'liquidi nelle due braccia del tubo facessero azione due stantuffi ai quali fossero applicati le forze proporzionali alle estensioni delle superficie dei liquidi nelle braccia del tubo, perchè la pressione operata su ciascuna molecola di liquido giacente sulla superficie di esso nel braccio stretto, si trasmette uniformemente alle molecole liquide poste su la superficie del liquido nel braccio di maggior diametro. Talmentechè se le estensioni delle superficie di liquidi nelle braccia del tubo sono nel rapporto di 1 : 20 una forza dell' intensità come uno, applicata sullo stantuffo adattato nel braccio di piccol diametro è al caso di equilibrare un'altra forza dell'indensità come 20 che fa azione sullo stantuffo adattato nel braccio di maggior diametro. Or questo è appunto il principio su cui poggia l' azione del

torchio idraulico, e mediante questo principio se ne valutano gli effetti.

108. La (Fig. 51) rappresenta lo spaccato in direzione verticale del torchio idraulico. ABCD è il quadro del torchio o la sua intalaiatura costituita dalle colonne, ordinariamente di ferro fuso con le traverse; I è un cilindro anche di ferro fuso o di bronzo nel quale si muove il grande stantuffo pieno EF; sulla parte superiore di questo stantuffo è adattata una piastra di simile ferro fuso EE molto consistente su di cui si situano le sostanze che voglionsi assoggettare alla pressione; RQ è un serbatoio di acqua nel quale agisce una piccola tromba premente, di cui K ne è cilindro ed L lo stantuffo, M ed N sono due valvole di metallo che hanno ordinariamente la forma di cono che termina in cilindro. Il cilindro che termina la valvola laterale M è scanalato nella direzione del suo asse per dar passaggio all'acqua del serbatoio RQ allorchè questa valvola è aperta. L'altra valvola N serve a chiudere ed aprire la comunicazione del corpo di tromba col tubo orizzontale NN' che mette in comunicazione il corpo di tromba col cilindro I.

109. Posto ciò il giuoco della macchina è facile a intendersi. Quando si solleva lo stantuffo L la valvola laterale M si apre andando da dritta a sinistra, l'altra N si chiude e l'acqua dal serbatoio RQ s'immette nel corpo di tromba K; allorchè poi lo stantuffo si abbassa la valvola M si chiude e l'altra N si apre venendo compressa l'acqua nel corpo di tromba I. All'estremità conica della valvola N è attaccata una piccola molla che l'impedisce di aprirsi pel proprio peso; parimente un'altra piccola molla preme sulla parte cilindrica della valvola M per tenerla chiusa fino a che lo stantuffo L incomincia a innalzarsi; un'asta verticale TV, che può avere un movimento di rotazione intorno al suo asse, porta una lastricina la quale premendo sulla testa della valvola M l'obbliga ad aprirsi, il che ristabilisce la comunicazione tra il corpo di tromba K ed il serbatoio di acqua QR. Qualora si

vuole sospendere la compressione operata sugli oggetti H H situati sulla piastra di ferro fuso EE, si abbassa la leva YS, (Fig. 52) la valvola N (Fig. 51) si apre e come si è detto la pressione della lastricina dell'asta TV tiene la valvola M aperta, il gran cilindro I comunicherà col serbatoio di acqua RQ, e la piastra di ferro fuso EE non essendo più compressa discenderà con lo stantuffo E' F.

Per valutare la pressione che si ha dallo sforzo di un uomo che agisce all'estremità della leva YS, supporremo che la lunghezza del braccio della leva impiegata come potenza per movere lo stantuffo L sia di quattro palmi, e la lunghezza del braccio della resistenza di due once. Un uomo mercè le sole braccia solleva facilmente un peso di trenta rotola, il quale può esser preso per misura della densità della pressione che esercita all'estremità della leva; perciò la pressione esercitata sul piccolo stantuffo L si ha ritrovando il quarto termine della seguente proporzione, conformemente a ciò che abbiamo detto parlando delle leve, 2 once sta a 4 palmi ovvero a 48 once $=$ 30 rotola a x, $= \frac{48 \times 30}{2} = 720$, ch'è la pressione cercata; sia dippiù il rapporto dell'estensione tra la base del piccolo stantuffo L e la base del grande stantuffo EF come 1 : 36, or 720 essendo la densità della pressione esercitata sul piccolo stantuffo L, questa pressione trasmessa sul grande stantuffo FE apporterà uno sforzo su questo di 36×720, dimodochè gli oggetti situati sulla piastra di ferro fuso EE si trovano assoggettati alla pressione di $36 \times 720 = 25920$ rotola ovvero 259 cantaia e 20 rotola.

I due corpi di tromba I e K comunicano tra loro mercè una colonna di acqua NN, e siccome niente limita la lunghezza di questa colonna, perciò la pressione esercitata sullo stantuffo del corpo di tromba K può trasmettersi a quella distanza che si vuole sullo stantuffo del corpo di tromba I.

110. Nelle antiche costruzioni delle presse idrauliche il grande stantuffo si moveva a sfregamento nel cilindro ma

qualunque diligenza si fosse usata in questa costruzione non si otteneva il pieno intento, perchè l'acqua si faceva strada tra lo stantuffo ed il cilindro anche sotto una pressione mediocre. Per rimediare a tale inconveniente vi è nel corpo di tromba e propriamente in aa una cavità anulare in cui si adatta un cuoio impermeabile all'acqua che copre lo stantuffo dalla parte di sotto, ed è incassato nel corpo di tromba da un anello di metallo che vi si adatta superiormente, il quale viene premuto da una vite forata bb per la quale passa il grande stantuffo; nella sommità di questa vite vi è una cavità circolare riempita di stoppa o di cenci imbevuti di olio, e pressati da un disco, che serve a tener unto lo stantuffo, e ad impedire l'introduzione di sostanze straniere; a proporzione che l'acqua è compressa viene premuta la parte anulare e concava del cuoio, che produce l'effetto di un cunio; il cuoio essendo nel suo bordo strettamente chiuso tra la cavità anulare del corpo di tromba e l'anello metallico chiude qualunque uscita all'acqua.

111. Nel torchio idraulico descritto, il piano ch'è poggiato sul grande stantuffo si muove, ed il piano superiore contro del quale questo tutta resta fisso. Vi sono peraltro alcuni torchi in cui sì il piano superiore, che l'inferiore si muovono in senso opposto, mediante un meccanismo di seghe e di ruote dentate come trovasi espresso nella (Fig. 53) La sega dentata situata nel mezzo fa muovere il piano di sotto, e le seghe laterali quelle di sopra; dal movimento delle stesse ruote ne nascono movimenti opposti nei due piani. Questa invenzione è dovuta a Murray.

112. Noi conosciamo che l'equilibrio in una leva si ha quando la potenza sta alla resistenza come la lunghezza del braccio della resistenza a quella del braccio della potenza. Or siccome nel loro movimento le estremità delle braccia della leva descrivono archi circolari, le di cui lunghezze, che indicano i spazi percorsi sì dalla potenza che dalla resistenza, sono nel rapporto dei raggi, che sono le brac-

cià della leva; perciò è chiaro che gli spazi percorsi dalla potenza e dalla resistenza sono nel rapporto inverso delle loro densità rispettive, facendo astrazione dallo strofinio e da altre cagioni. Dippiù abbiamo detto che un peso di 30 rotola posto sullo stantuffo di tre once di diametro fa equilibrio con un peso di 3000 rotola posto sul grande stantuffo di 30 once di diametro, vale a dire produce l'effetto corrispondente ad una forza cento volte maggiore, poichè le basi sono come i quadrati de' diametri; cioè $(3)^2 : (30)^2 = 1 : 100$, ma quando si giunge a vincere questa resistenza lo spazio che il grande stantuffo percorre non è che la centesima parte di quello percorso dal piccolo stantuffo; parimente la leva che accresce la pressione è la decupla, qualora il braccio della potenza è decuplo del braccio della resistenza, e si rende anche decuplo lo spazio percorso dalla potenza; dal che si vede chiaramente che per dare un piccolo movimento alla piastra del torchio occorrono varie corse del piccolo stantuffo, e queste saranno dippiù per quanto è di maggior forza il torchio. Per rendere più pronto l'effetto, nella maggior parte de' torchi, la leva che mette in movimento il piccolo stantuffo è congegnata in modo da accortarsi ed allungarsi a volontà; di modo che siccome nel principio la sostanza sottoposta alla pressione cede facilmente, nè fa d'uopo impiegare gran forza, si può andare con più celerità disponendo la leva in modo che il braccio della potenza sia più corto; ma giunta la compressione ad un certo punto è necessario allungare questo braccio per avere un effetto maggiore dall'azione della potenza.

Dei Sifoni.

113. Per travasare i liquidi da un vase in un altro si servono comunemente di un apparecchio semplicissimo chiamato *sifone*. Questo apparecchio consiste in un tubo curvo o angolato di vetro o di metallo (Fig. 54) le di cui braccia sono

per lo più inegnali; il più corto s'immerge colla sua estremità nel liquido che si vuole travasare, nel quale si aspira per l'estremità aperta dell'altro braccio fino a che l'aria rarefatta nell'interno del tubo non fa più equilibrio coll'aria esteriore; allora la pressione dell'aria esteriore sulla superficie del liquido costringe questo a salire nel sifone, riempirlo e sboccare per l'altra estremità. Sia AB (Fig. 55) un vase pieno di acqua che si vuole far passare nell'altro vase N. Immerso il braccio HO nel liquido, si aspira per l'estremità dell'altro braccio in modo da rarefar l'aria nel suo interno; il liquido vi sarà spinto per la pressione dell'aria esteriore; quando il sifone è pieno, si cessa di aspirare, e l'acqua scola per l'estremità S dell'altro braccio OS, continuando lo scolo fino a che l'estremità H del braccio HO si trova immersa nel liquido.

114. La teorica de' sifoni è semplicissima; ed è poggiata sugli effetti prodotti dalla pressione atmosferica; questa pressione si esercita con uguale densità nelle estremità delle braccia del sifone e sulla superficie del liquido prima dell'aspirazione, talmentechè il livello del liquido è lo stesso sì nel vase che nel braccio del sifone che v'è immerso. Aspirata l'aria viene rarefatta nell'interno del tubo, e la pressione atmosferica agendo sulla superficie del liquido posto nel vase l'obbliga a salire nel sifone e riempirlo; questo essendo pieno è chiaro che i punti H ed S sono ugualmente compressi dall'aria esteriore, ed il liquido nelle due braccia del sifone è in equilibrio; perciò la porzione di liquido contenuta in OS è obbligata a cadere pel proprio peso, ed è rimpiazzata immediatamente da altro liquido; lo scolo non cessa fino a che l'estremità del sifone immersa non si metta in comunicazione coll'aria atmosferica. Senza l'influenza della pressione atmosferica il liquido cadrebbe immediatamente per le due braccia del sifone, cosicchè non può esso agire nel vuoto.

115. Per far ammenò di aspirare l'aria dall'estremità del sifone si usa comunemente adattare nella sua parte più alta un imbuto che comunica coll'interno del sifone, mediante il

quale si riempie dello stesso liquido che si vuole travasare avendo prima chiuso con un rubinetto o un turacciolo la sua apertura che comunica coll'aria; riempito ch'è, si chiuda l'apertura alla base dell'imbuto, indi si apra l'estremità del sifone che resta nell'aria, lo scolo continuerà fino a che il livello del liquido non ricade al di sotto dell'apertura del sifone. Alle volte s'innesta prossimo all' estremità del braccio lungo del sifone un tubo laterale pel quale si aspirerà l'aria (Fig. 56); badando di chiudere l'estremità di questo braccio nell' atto dell' aspirazione. Questo apparecchio è usato quando si hanno a travasare liquidi corrusivi, per non rischiare di essere incomodato da questi nell'aspirazione dell'aria colla bocca; questo tubo può essere rimpiazzato da una piccola tromba aspirante. Finalmente qualunque meccanismo atto a riempire di liquido la capacità del sifone è opportuno ad avviarlo e fare che adempia al suo uffizio regolarmente purchè una delle sue estremità sia nel liquido, e l'altra si tenghi chiusa finchè si riempi il sifone. I sifoni si adoprano frequente nei laboratori, nelle arti ed in diversi usi sociali; qualora trattasi di decantare liquidi senza agitare il sedimento che rattrovasi al fondo del vase, come ancora per travasare ovvero separare un liquido che soprannuota ad altro liquido.

Vase di Tantalo.

116. Alcuni sifoni si avviano da essi soli quando il serbatoio è alimentato da una sorgente che innalza a poco a poco il livello del liquido; tale è appunto l'apparecchio curiosissimo che va tra gli arredi fisici conosciuto col nome di *vase di Tantalo*. Esso è formato da un sifone ABD (Fig. 57) fissato nelle pareti del vase MNO che viene empito da una sorgente, il braccio più lungo BD passa pel fondo del vase senza lasciar passaggio al liquido fra le sue pareti ed il foro per cui esce; fintantochè il livello del liquido non giunga al di sopra

la cima B della curvatura del sifone, non si osserva scolo alcuno, ma subitochè il livello del liquido sorpassi la sommità B del sifone lo scolo principia e continua fino a che il livello del liquido si mantenghi al di sopra il punto A, e se la sorgente non fornisca la quantità stessa che scarica il sifone, il livello del liquido nell'interno del vase si va abbassando gradatamente fino a che rimanendo scoperto l'orifizio A all'estremità del braccio del sifone l'acqua cessa di scolare; ma seguitando lo scolo della sorgente il livello torna a rialzarsi nel vase MNO, e giunto al di sopra di B si rinnova lo scolo per l'estremità D del sifone.

Questo apparecchio presenta in piccolo ciò che la natura opera nel seno della terra; qualora raccolgonsi le acque in un letto argilloso, nel quale trovansi fenditure o buchi che hanno sbocchi in siti sottoposti formando condotti disposti in forma di sifone irregolare. Quando le acque in un letto argilloso giungono al di sopra la curvatura superiore del condotto si osserva l'acqua scorrere per un certo tempo che poi cessa; le sorgenti che scaturiscono continuamente nella vasca riconducono nuovamente il livello dell'acqua all'altezza necessaria onde rinnovellare lo scolo, perciò le intermittenze in questi corsi avvengono spesso ad intervalli uguali.

117. Nei laboratori di chimica si usa un piccolo apparecchio, che presta gli stessi uffici di un piccolo sifone, perciò detto *sifone conico*, malgrado che la sua forma non somigliasse per nulla al sifone, viene impiegato sempre che devesi estrarre un liquido che galleggia sopra di un altro; esso è formato da un piccolo serbatoio di vetro, ordinariamente in forma di due coni saldati per le basi, o di forma sferica (Fig. 58), e da due pezzi di tubi saldati in B e in C, il più corto BD termina con una punta capillare affinchè il liquido non possa uscire dal serbatoio che quando lasciasi entrar l'aria per l'apertura dell'altro tubo. Questa apertura lasciasi per tutta la sua larghezza e soltanto presentasi alla fiamma per arrotondare gli spigoli del vetro. Per servirsi di questo sifone si prende colla

mano destra e s'immerge coll'estremità capillare nel liquido, indi succhiando leggiermente dall'estremità dell'altro tubo si fa salire lentamente il liquido nel serbatoio, avvertendo di chiudere coll'estremità della lingua questa apertura ogni qualvolta occorre tirare il fiato per impedire che l'aria vi rientrasse, il che costringerebbe il liquido ad uscirne; allorquando il recipiente è pieno si cessa di succhiare, si ottura l'apertura E, dopo poco tempo si sospende dal liquido il sifone, e si immette la sua estremità capillare nel vase o sul feltro dove si vuol versare il liquido, e per versarvelo basta sturare l'apertura E: si ripete la stessa operazione fino a che il bisogno lo richiede.

Apparati pneumatici chimici.

118. La scoperta de' fluidi elastici fece nascere il bisogno degli apparati pneumatici chimici, i quali sono destinati a raccogliere tutti i prodotti gassosi senza alcuna perdita, e ad assicurare la riuscita delle operazioni chimiche nelle quali vi è svolgimento di sostanze aeriformi. Tra questi apparecchi vanno compresi la tinozza pneumatica ad acqua ed a mercurio per raccogliere le sostanze gassose, l'apparato di Woulff il tubo di Velter per le distillazioni in cui vi è svolgimento di sostanze aeriformi, ed i gassometri.

119. La tinozza pneumatica ad acqua è formata da una vaschetta di legno, di creta, o di metallo di forma e grandezza arbitraria, che per esser più comoda bisogna che abbia una profondità almeno di un palmo nel suo interno, ed a circa un quarto di palmo al di sotto del suo orlo v' è stabilita orizzontalmente una tavoletta di una estensione corrispondente a circa la metà del fondo della vaschetta, la quale è attraversata da buchi con imbutini dalla parte inferiore. La vaschetta si riempie di acqua fino a che il suo livello sopravvansi qualche poco la superficie superiore della tavoletta. Su questa sono poggiate alcune bottiglie, o campane di cri-

stallo piene di acqua e rovesciate nella stessa colla loro apertura in basso.

Per raccogliere le sostanze gassose con quest' apparecchio bisogna far immergere nell' acqua della vaschetta e propriamente sotto ad uno dei buchi della tavoletta, l'estremità del tubo destinato a condurre il gas, affinchè venga raccolto facilmente in una delle bottiglie o campana situata al di sopra; il gas va ad occupare la parte superiore della bottiglia scacciandone l'acqua progressivamente fino a che ne viene riempita di gas; come ciò avvenga s'intende facilmente dietro ciò che s'è detto dell'equilibrio de'corpi aeriformi.

120. La tinozza pneumatica a mercurio è costruita in ferro, in legno, e più ordinariamente in marmo; la sua grandezza è arbitraria, le più comuni sono della capacità di 30 a 40 libbre di mercurio; essa non è molto profonda, ma ha un incavo semicilindrico nel mezzo, per poter riempire comodamente i tubi. L'apparecchio a mercurio viene usato in vece dell'apparecchio ad acqua per raccogliere quelle sostanze gassose che vengono assorbite dall' acqua, purchè non abbiano azione sul mercurio.

121. L'apparato di Woulff così chiamato dal nome del suo inventore è usato per le distillazioni nelle quali vi è sviluppo di sostanze aeriformi. Esso è composto da fiaschi tubulati disposti gli uni accanto agli altri e messi in comunicazione tra loro mediante tubi convenientemente curvati, essendo ciascun fiasco munito di tre aperture nelle quali entrano i tubi di vetro attraverso turaccioli di sughero che li suggellano esattamente. In ciascun vase si mette una certa quantità di acqua meno che nel primo che serve ordinariamente per deposito dei prodotti della distillazione che si riducono in forma liquida o solida per abbassamento di temperatura. La tubulatura che parte dal primo fiasco si immette nel secondo fino alla prossimità del fondo di questo immergendosi nell' acqua; dal secondo fiasco esce altro tubo di comunicazione che s'immerge nell' acqua del terzo, da questo altro tu-

bo va al quarto fiasco, e così prolungasi l'apparecchio fino a che si crede necessario. Il gas che non si condensa nel primo fiasco passa nel secondo, ciò che non rimane sciolto nell'acqua in questo passa nel terzo, così dal terzo al quarto ecc. La (Fig. 59) rappresenta quest'apparato, esso deve modificarsi a seconda le diverse circostanze e propriamente se il gas che si produce è solubile o insolubile, se si sviluppa solo e allo stato di secchezza, o in compagnia di vapori condensabili che si debbono separare. Oltre a'tubi di comunicazione vi è a ciascun fiasco un particolare tubo di sicurezza aperto nell'uno e nell'altro estremo disposto verticalmente che s'immerge colla sua estremità inferiore per poco nell'acqua in modo che il gas non può uscire dal fiasco ed è destinato ad impedire che succeda guasto nell'apparecchio qualora lo sviluppo gassoso è in tanta abbondanza da non avere il sufficiente passaggio attraverso i tubi, come pure a impedire che il liquido ricadesse da un fiasco in un altro per effetto di assorbimento, avvenendo condensazione nelle sostanze gassose poste nell'apparecchio; nel qual caso l'aria esterna premendo per questi tubi s'immette nell'interno dell'apparato fino a ristabilirne l'equilibrio. In mancanza di fiaschi tubulati si può benissimo far passare i tre tubi di vetro attraverso un solo sughero; purchè i fiaschi abbiano una bocca bastantemente larga.

122. Welter concepì la felice idea di costruire i tubi di comunicazione da poter servire nel tempo stesso come tubi di sicurezza; essi sono rappresentati dalla (Fig. 60) consistono in tubi di vetro rigonfiati in ampolla ad un terzo circa della loro altezza, muniti nell'estremità superiore di un piccolo imbuto, e ricurvati come si osserva nella figura. Per l'imbuto superiore si versa una porzione di liquido atto a riempire la curvatura bassa del tubo, e porzione dell'ampolla; adattato uno di questi tubi mercè un sughero nella sommità di una storta o di qualunque altro vase da dove si emettono sostanze gassose, ovvero suggellato in mezzo

ai tubi curvi che stabiliscono la comunicazione tra i fiaschi come si osserva nella (Fig. 61.) Durante la distillazione niente può uscire dal tubo, ma sempre che vi è soprabbontante sviluppo di gas da non poter aver passaggio totalmente per i tubi di comunicazione, questo preme sulla superficie del liquido posto nel tubo di sicurezza e l'obbiga a salire alla sommità dell'imbutino, ed allora il gas soprabbontante se ne scappa via senza apportare guasto all'apparecchio; se poi vi è contrazione nella massa gassosa da poter cagionare assorbimento, e far ricolare il liquido da un fiasco in un altro, allora la pressione dall'aria esteriore agisce sul liquido posto nel tubo e lo riporta totalmente nell'ampolla attraverso del quale l'aria esterna facilmente si fa strada e va a ristabilire l'equilibrio nell'apparecchio.

I tubi di sicurezza sono necessari particolarmente quando un gas che si sviluppa viene assorbito dall'acqua come nella distillazione dell'acido idroclorico, ed in quella dell'ammoniaca, nel qual caso le sostanze gassose venendo assorbite dal liquido, ne avviene una contrazione il che cagiona facile assorbimento qualora l'apparecchio non fosse munito di tubi di sicurezza, questi danno passaggio all'aria esterna nell'apparecchio fino a che l'equilibrio si ristabilisca.

Nel caso che non si hanno tubi di sicurezza, possono esser sostituiti o da un largo tubo di vetro lungo un paio di dita chiudendone le estremità con turaccioli di sughero attraverso i quali passano due tubi più sottili, de'quali quello sottoposto sorpassa per poco colla sua estremità il livello del liquido posto nel tubo largo, e quello situato al di sopra giunge ad immergersi per poco nell'acqua posta nello stesso tubo. Si può anche fare un tubo di sicurezza con un piccolo fiasco adattando alla sua apertura un turacciolo di sughero, facendo passare attraverso di questo due tubi de'quali uno diritto che discende fino al fondo, e l'altro curvo che termina immediatamente sotto al sughero.

123. I gassometri sono apparecchi usitatissimi nei lavora-

tori di chimica e negli stabilimenti in cui si ha bisogno di serbatoi di sostanze aeriformi, come in quelli d'illuminazione a gas; il suo nome ne indica l'uso nei lavoratori ch'è quello di misurare i volumi dei gas, non pertanto negli stabilimenti quest'apparato è addetto a racchiudere grandi volumi di gas, avendo nel di fuori una graduazione che denota la quantità che ne contiene. La (Fig. 62) rappresenta un gassometro da laboratorio, M è una campana graduata ordinariamente in cristallo sostenuta ed in parte contrabbilanciata da una corda che passa sulle carrugole T, T, che ha attaccato all'altro estremo una coppa di bilancia H nella quale mettesi un contrappeso più o meno grande; E è la cassa esteriore del gassometro totalmente aperta nella parte superiore affinchè vi si possa immergere con facilità la campana M, essendo chiusa inferiormente per riempirla di acqua; nella parte superiore sonovi alcuni orli sporgenti onde ritenere l'acqua spostata nell'immersione della campana, ed evvi un rubinetto G posto nel suo fondo per vuotarne l'acqua nel bisogno. Un tubo orizzontale g fornito di rubinetto che dalla parte esteriore della cassa percorrendo sul suo fondo va fino al centro ove è saldato ad angolo retto un tubo verticale g' che si eleva fino al di sopra del livello dell'acqua, il quale serve per introdurre il gas nella campana M; g'' altro tubo orizzontale che parte dalla base del tubo verticale g' e va a terminare nella parte esterna della cassa ove vuolsi dar uscita al gas; questo tubo viene anche chiuso da un rubinetto la di cui imboccatura è conformata in modo da potervi innestare altro tubo per condurre il gas ove bisogni.

È necessario avvertire che nell'uso del gassometro bisogna equilibrarne il peso con mettere altri pesi nella coppa della bilancia da fare che le due pressioni interna ed esterna sieno uguali, altrimente il gas aumenterebbe o diminuirebbe di volume, e sarebbe erronea l'indicazione del volume fornita dal gassometro.

124. I gassometri di grandi dimensioni come quelli usati

negli stabilimenti d'illuminazione a gas idrogeno sono per lo più costruiti da lamine di ferro imbullettate fortemente e ben bene spalmate a caldo con catrame, avendo cura di rinnovarlo in ogni anno; le lamine sono d'ordinario sostenute da armaggi di legno. Questi gassometri pesano sempre molto, non ostante che la lamina di ferro non sia di grossezza maggiore di una linea, perciò non bisognerà fare che questo peso eserciti una forte pressione sul gas, per ovviare ciò: si attacchi il gassometro ad una catena che passi per carrucole fissate ad una intravatura superiore che tiene sospesi i contrappesi di ghisa; or siccome il peso del gassometro diviene maggiore a proporzione che si solleva dall' acqua, per la perdita di peso che soffre nell' immergersi nell' acqua; per rendere questa pressione uniforme in tutt' i momenti vi si adatta una catena di sospensione di molto peso, e questo è calcolato in modo da equilibrare sempre il gassometro a qualunque altezza si trova.

Determinare le altezze coll'aiuto del barometro.

125. Il metodo di misurare le altezze col barometro è fondato sul seguente teorema d' areostatica. *Nello stato d' equilibrio, la densità dell'aria decresce in progressione geometrica qualora le altezze crescono in progressione aritmetica; purchè la natura chimica, e la temperatura della colonna atmosferica sia uniforme in tutta la sua altezza.* Per dimostrarlo supponghiamo divisa la colonna di aria ABCD (Fig. 63) in tanti strati piccolissimi uguali fra loro a partire dalla superficie della Terra, per poter considerare la densità uniforme in ciascuno come sono AEFB, EGHF, GIKH, TLMK, ec. Se indichiamo con P il peso di tutta la colonna atmosferica che preme sulla superficie della Terra, con P' il peso della colonna atmosferica che preme sul primo strato, con P'' quello della colonna atmosferica che preme sul secondo strato e così di seguito, e denotiamo con D, D', D'', D''', le densità del pri-

mo, del secondo, del terzo, e del quarto strato ecc. sarà $P -$ P' il peso del primo strato inferiore, $P' - P''$ quello del secondo, $P'' - P'''$ l'altro del terzo, e così di seguito. Ma i pesi di due volumi uguali di un medesimo gas sono proporzionali alle loro densità, perciò supposto i strati di aria esattamente di un medesimo volume si avrà la seguente proporzione $P - P'$ peso del primo strato a $P' - P''$ peso del secondo strato $= D : D'$; ma $D : D' = P' : P''$, perchè le densità di uguale volumi di gas sono nel rapporto delle pressioni; perciò sarà $(P - P') : (P' - P'') :: P' : P''$ e con ciò sarà $(P - P')\,P'' =$ $(P' - P'')\,P'$ ossia $PP'' - P'P'' = P'P' - P''P'$, e tolto il termine comune $P'P''$ avremo $PP'' = P'P'$ dalla quale si ha $P : P' ::$ $P' : P''$ allo stesso modo si dimostra $P'; P'' = P'' : P'''$ e così di seguito. Chiaramente si vede essere questa una progressione geometrica decrescente; poichè P rappresenta il peso di tutta la colonna atmosferica, P' questo peso diminuito del primo strato, P'' lo stesso peso minorato dei due primi strati e così degli altri: d'altronde è evidente che le altezze dei differenti strati principiando dalla superficie della Terra seguono una progressione aritmetica crescente, e le densità sono proporzionali alle pressioni perciò il teorema enunciato è vero.

126. Or due luoghi posti a differenti altezze sono sovrastati da colonne atmosferiche differenti, e per conseguenza marcano diverse altezze barometriche. Ma il peso di questa colonna può minorare per altre circostanze accidentali, perciò bisogna aver presente le seguenti considerazioni.

1.° Le osservazioni barometriche devono essere eseguite nel medesimo istante 2.° Questi due luoghi non devono essere molto distanti, e qualora lo fossero per ciascun luogo bisogna ripetere molte osservazioni e di queste prenderne il termine medio, 3.° Bisogna evitare i tempi in cui la temperatura, o l'altezza barometrica è molto variabile, o nei quali l'agitazione dell'aria è considerevole: e giusta le osservazioni del sig. Ramond, l'ora più propria per le osservazioni baro-

metriche è quella del mezzo giorno. 4.° È necessario lasciare il barometro un giorno nella stazione in cui si deve osservare l'altezza per uniformarlo alla temperatura dell'aria, isolando il barometro al più possibile; ed evitando di situarlo nella gola di una montagna. In generale necessitano moltissime precauzioni per giugnere a quell'esattezza necessaria nelle osservazioni barometriche.

127. Il peso specifico dell'aria essendo 0.001299 rapportato all'acqua distillata presa per unità, e quello del mercurio 13. 57 ne risulta che una colonna di mercurio $0^{m.}$ 001 pesa quanto una colonna di aria di $0^{m.}$ 001 $\times \frac{13.\ 57}{0.001299}$, ovvero $10.^{m.}$ 45; perciò se un barometro è elevato sull'altro di $10.^{m}$ 45 si deve osservare una differenza nella colonna barometrica, di $0.^{m}$ 001 di mercurio; pure molte cagioni rendono questo risultato inesatto.

1.° I pesi specifici tanto del mercurio che dell'aria indicati di sopra sono per la temperatura di zero, perciò bisogna correggere questi due numeri a seconda della temperatura dell'aria e del mercurio nel momento dell'esperienza. Quando si richiede una grande precisione, vi bisogna nel barometro un piccolo termometro che s'immerge colla sua bolla nel mercurio del barometro, ed altro termometro esteriore che indica la temperatura dell'aria; quest'ultimo è più importante perchè l'aria risente molto i cambiamenti di temperatura. Supponiamo p. e. che il mercurio sia a 9.° e l'aria a 11° 1/2 ciò ch'è presso a poco la temperatura media; il peso specifico del mercurio sarà $\frac{13.\ 57}{1+(9\times 0.00018)}=13.54$, (1) e quello dell'aria sarà $\frac{0.\ 001299}{1+(11.\ 5\times 0.\ 00375)}=0.\ 001245$, e se si ricomincia il calcolo di sopra indicato sostituendovi questi numeri si

(1) La colonna barometrica soffre un aumento di 0.00018 per l'aumento di ciascun grado centigrado, e le densità sono nel rapporto inverso dei volumi, quando le masse sono uguali.

troverà $0^{m} \cdot 001 \times \frac{13.54}{0.001245} = 10^{m}.8755$ il che fa vedere che la temperatura può influire in una maniera notabilissima sull'altezza della colonna atmosferica alla quale corrisponde un millimetro di mercurio

2.° Un'altra cagione meno influente della precedente, si è che noi abbiamo supposto l'aria sotto una pressione di $760^{mm.}$; nel caso che questa pressione fosse più grande o più piccola, bisognerà minorare o aumentare l'altezza dell'aria corrispondente ad un millimetro di mercurio secondo la legge di Mariotte.

3.° Finalmente il peso specifico dell'aria varia secondochè essa è più o mena umida, perciò bisogna ridurre l'altezza della colonna di aria secondo il grado di umidità nel modo che diremo parlando dell'igrometro.

128. Supponiamo che al piede di una montagna il barometro sia a 768^{mm} la temperatura del mercurio 15.° quella dell'aria 20°, ed alla sommità della montagna il barometro a 730^{mm} la temperatura del mercurio a 8°, e quella dell'aria a 9°, La temperatura del mercurio essendo di 15.° la colonna di mercurio è più alta che a 0°, bisogna dunque ridurla nel rapporto di 1, 0027 : 1, ciò che dà per la prima stazione $\frac{768^{mm.}}{1.0027} = 765^{mm.}9$, e nel rapporto di 1, 00144 : 1 per la seconda ossia $\frac{730}{1.00144} = 728^{mm.}9$; dunque la differenza è $37^{mm.}$ che corrispondono ad una colonna di aria di $37^{mm.} \times \frac{13.57}{0.001299} = 387^{m}$, se questo era alla temperatura di 0° e alla pressione di 760^{mm}; ma siccome la temperatura dell'aria si è supposta di 20.° e 9.°, dunque la media e 14.° ½ bisogna dunque aumentare il suo volume nel rapporto di 1: 1, 05437, (1) ciò che dà $387 \times 1{,}05437 = 480^{m.}$

(1) 1. 05437 si ha moltiplicando 0. 00375 che indica la dilatazione di una massa gassosa per ciascun grado del termometro centigrado, per 14. 5 temperatura media dell'aria.

a 760$^{mm.}$ di pressione ; ma siccome essa è realmente di $\frac{728.9+765.9}{2}=747^{mm.}4$, così bisognerà aumentare il volume dell'aria nel rapporto di 747, 4 a 760, secondo la legge di Mariotte , ciò che fa $408^{m.}\ \frac{760}{747.4}=416^{m},2$, quantità che bisognerà ancora correggere seguendo l'indicazione dell'igrometro perchè noi abbiamo supposta l'aria perfettamente secca.

Quando per cose lievi soddisfa una estimazione grossolana si moltiplica semplicemente 10$^{m.}$ 5 pel numero de' millimetri di differenza nelle due colonne di mercurio; nell'esempio citato le due colonne di mercurio essendo 768^{mm} e 730^{m} la differenza e 38$^{mm.}$ che moltiplicata per 10$^{m.}$5 si ha 399$^{m.}$

Quando poi si vuole una grande precisione bisogna calcolare separatamente l'altezza corrispondente a ciascun millimetro di mercurio con un gran numero di decimali, e si aggiungono tutt'i risultati; o pure farà uopo servirsi della formola di Deluc, o di quella di Laplace, la prima di 430 e la seconda che merita maggior confidenza di 410.

La formola di Deluc è detta empirica perchè fondata su diversi tentativi suggeriti dall'esperienza; essa è stata corretta da Trembley, e consiste a prendere i logaritmi delle due altezze barometriche osservate, sottrarli l'uno dall'altro, e moltiplicare il risultato per 10 tese o 19^{m}, 490 supponendosi la temperatura di 14.° 5; e perciò bisogna aggiungere $^{1}/_{240}$ all'altezza trovata per ciascun grado di più, e toglierlo per ciascun grado di meno.

La formola poi di Laplace è la seguente

$$18332^{m.}\left(1+0,002(T+t)\ \log.^{o}\left(\frac{5412\ H}{(5412+T-t)h}\right)\right)$$

t e T reppresentano le temperature dell'aria osservate , H e h le altezze del barometro; peraltro T , H per la stazione inferiore, e t e h per l'altra superiore.

LIBRO SECONDO.

DEI CORPI SEMPLICI IMPONDERABILI.

129. Tutti i corpi che sono nel nostro Globo dividonsi in semplici e composti.

I corpi semplici sono quei, che con le conoscenze chimiche attuali non si possono decomporre, nè ci danno indizio alcuno di loro composizione. Niente più facile che coll'avvanzamento della scienza molti di questi corpi, considerati ora come semplici, si riconoscessero composti.

Gli antichi chiamavano elementi le quattro sostanze seguenti: l'aria, l'acqua, la terra e il fuoco, da cui credevano composti tutt'i corpi. Ora conosciamo che queste idee degli antichi erano erronee poichè tre di questi pretesi elementi, che sono l'aria, l'acqua, e la terra sono composti.

I corpi composti sono quelli che mercè le operazioni chimiche si possono ridurre in corpi semplici; così il cinabro è un corpo composto, perchè possiamo convertirlo in solfo e mercurio; il solfo ed il mercurio li consideriamo corpi semplici perchè non ci è possibile decomporli.

Tra i corpi semplici ve ne sono alcuni a cui mancano talune principali qualità degli altri corpi; cioè sono privi di

peso, e non occupano per se stessi alcuno spazio determinabile, e perciò sono detti corpi imponderabili. Questi sono il calorico, la luce, il fluido elettrico e il magnetico; ad essi si appartengono in comune varie relazioni, cosicchè fondatamente si congettura essere uno la modificazione dell'altro, o essere un composto degli altri.

CAPITOLO I.

DEL CALORICO E DEL CALORE.

130. Quando ci avviciniamo o tocchiamo un corpo più caldo di noi abbiamo una sensazione che comunemente chiamasi calore, e la cagione del calore è stata chiamata dai chimici calorico.

La natura di questo agente ci è perfettamente ignota, ma dagli effetti si definisce un fluido impercettibile, invisibile, sommamente elastico, che invade tutt'i corpi, si equilibra in essi, li dilata, e li costituisce diversamente; dalla sua azione i corpi solidi possono divenir liquidi, e questi possono ridursi nello stato gassoso.

Ciò posto, il diverso stato de'corpi risulta dall'azione di due forze opposte; cioè dall'azione della forza di coesione, e da quella del calorico; potendosi facilmente congetturare che qualora prevale la forza di coesione su quella del calorico si avrà lo stato di solidità, qualora si equilibrano si avrà lo stato di liquidità, e qualora poi l'azione del calorico supera la forza di coesione si avrà lo stato gassoso.

Il calorico può essere libero e non attaccato a'corpi, nel qual caso è sensibile dai nostri sensi e dagli strumenti addetti a valutarne gli effetti, e perciò si distingue col nome di calorico libero o sensibile; può rattrovarsi frammisto alle molecole de'corpi e in chimica combinazione con esse, e allora dicesi latente, o chimicamente combinato.

Del calorico libero.

131. Il calorico libero viene emesso dai diversi punti della superficie de'corpi a guisa di tanti raggi che percorrono costantemente un sentiero rettilineo, con una rapidità incredibile, i quali imbattendosi nelle superficie levigate e pulite da queste ne sono reflessi, formando l'angolo d'incidenza uguale a quello di reflessione, cosicchè ciascun raggio incidente col suo raggio reflesso sono nel medesimo piano colla perpendicolare innalzata dal punto d'incidenza sulla superficie reflettente o riverberante, manifestandosi in essi la stessa legge che nei raggi luminosi. Questa proprietà, che chiamasi irraggiamento del calorico, è stata dimostrata in vari modi da diversi Fisici, ed è stata trovata la stessa tanto attraverso dell'aria e dei diversi gas, come nel vuoto; non apportando l'aria ed i diversi gas altra modificazione che una minorazione di densità nell'azione calorifica, senza recare la menoma alterazione alle leggi del loro movimento. Or tanto perchè questi sperimenti sono più facilmente eseguibili nell'aria, che nel vuoto e negli altri gas, come ancora perchè in questo mezzo succedono i fenomeni ordinari perciò noi li esamineremo nell'aria.

L'esperimento più convincente è il seguente. Se si dispongono due specchi concavi di metallo i diametri de'quali non sieno minori di un palmo, e in posizione che i loro assi formino una retta continuata, situati in distanza tra loro di circa cinque in sei palmi, come nella (Fig. 62.). Posto nel fuoco A di uno di essi un corpo caldo, come sarebbe una palla di ferro riscaldata, o un vase ripieno di acqua bollente; un termometro situato nel fuoco C dell'altro specchio segnerà un aumento di temperatura. Se in vece del corpo riscaldato vi si mettessero carboni accesi si produrrà l'accensione dell'esca, o della polvere da sparo situata nel luogo del termometro.

A prima vista la dimostrazione del descritto fenomeno sem-

bra semplicissima, cioè che il corpo riscaldato comunichi il calorico agli strati di aria che lo circondano, e questi agli altri strati progressivi fino a quei che circondano il termometro, e così ne avviene l'aumento di temperatura; ma non è così, poichè se ciò fosse un termometro situato in B nel mezzo della distanza tra i due specchi e nella linea che unisce il corpo riscaldato ed il bulbo del termometro dovrebbe marcare una temperatura molto più grande del termometro situato in C perchè più prossimo al corpo caldo, ma si osserva al contrario che segna una temperatura molto più bassa. Perciò siamo obbligati a credere che il corpo caldo situato nel fuoco A dello specchio emette da tutt'i punti il calorico raggiante al pari che un corpo luminoso slancia i raggi di luce, e che come questi attraversano l'aria e sono reflessi dalle superficie levigate e pulite degli specchi; perciò la superficie dello specchio, nel fuoco di cui trovasi situato il corpo caldo, riceve da esso il calolorico raggiante, e dietro la teorica degli specchi concavi, esso lo rifletterà per raggi in direzioni parallele all'asse, e in questa direzione incontrando la superficie dell'altro specchio vi s'imbatteranno, e da questa saranno reflessi nel fuoco C ove trovasi situato il bulbo del termometro. Ora in questo punto cumulandosi una quantità di raggi calorifici si avrà così la massima elevazione di temperatura.

132. La rapidità con cui i raggi calorifici percorrono lo spazio può esser dimostrata col precedente sperimento, frapponendo un parafuoco tra lo specchio ed il termometro situato nel suo fuoco, in guisa che verun raggio possa ferirlo; si osserverà il termometro discendere immediatamente, e qualora il termometro è ad aria, o è il bulbo di un termoscopio, non si potrà valutare alcun tempo tra l'interposizione del parafuoco e l'abbassamento del termometro.

Il Sig. Delaroche ha provato che non solo il calorico raggiante attraversa l'aria e i diversi gas colla massima rapidità, ma attraversa benanche tutt'i corpi diafani sì liquidi che solidi, come l'acqua, il vetro, il cristallo di rocca ecc. eseguen-

dosi peraltro questa trasmissione con discapito di densità calorifica a seconda della densità e grossezza de'mezzi che attraversa. Lo stesso Fisico si è assicurato che la quantità di calorico assorbita dai mezzi diafani diminuisce a proporzione che il corpo emanante i raggi trovasi ad una temperatura più elevata.

133. Ammesse le teoriche precedenti ne risulta che un corpo caldo situato nell'aria è il centro di una quantità di raggi calorifici, che attraversano l'aria quasi liberamente, de'quali lo specchio ne assorbisce alcuni, e reflette tutti gli altri. Or se due o più corpi a differenti temperature, vengono situati ad una certa distanza tra loro, ciascuno di essi emetterà raggi calorifici, e contemporaneamente riceve quelli che partono dall'altro corpo, avendo ciò luogo colla progressiva minorazione di temperatura di uno di essi e coll'aumento dell'altro, finchè si stabilisce un perfetto equilibrio di temperatura in tutti.

Ripetute osservazioni ci dimostrano che l'irragiamento del calorico ha luogo a qualunque temperatura, e che la diversità consiste nella quantità di calorico emessa o assorbita da ciascun corpo, essendo l'emissione nella ragion diretta della temperatura di ciascun corpo, e l'assorbimento nella ragione inversa. Di fatti le sensazioni di caldo e di freddo che i corpi imprimono in noi sono relative allo stato di temperatura della nostra macchina talmentechè la neve ci sembra fredda perchè trovasi ad una temperatura più bassa della nostra macchina, non ci apporterebbe alcuna sensazione se la nostra macchina si trovasse a temperatura corrispondente alla sua, e ci recherebbe sensazione di calore se la nostra temperatura fosse al di sotto della sua. Parimente se si trasportasse in un'atmosfera, la cui temperatura fosse molto al di sotto di zero, farebbe da corpo caldo sul bulbo di un termoscopio, perchè irraggerebbe una maggior quantità di calorico di tutt'i corpi circostanti.

134. Le superficie de'corpi influiscono molto sulla quan-

tità di calorico reflesso, assorbito, o emesso. Di fatti se sopra uno specchio metallico ben pulito si facessero imbattere una quantità di raggi calorifici, esso appena si riscalderebbe; ma se si rendesse scabra la sua superficie mediante un corpo aguzzo, o che si strisciasse con arena, ovvero si annerisse alla candela l'azione di quei medesimi raggi lo riscalderebbe fortemente. Lo stesso può verificarsi investendo una delle palle del termoscopio con diverse sostanze, atte a poterne variare la sua superficie. Dal che patentemente dimostrasi che le superficie levigate e pulite reflettono quasi tutt'i raggi calorifici che su di esse s'imbattono, e che al contrario le superficie scabre o annerite ne assorbiscono la maggior parte. Il potere emissivo dipende anche dalla levigatezza e scabrosità delle superficie, il che si dimostra facilmente prendendo un vase di forma cubica di latta, di cui uno dei quattro piani verticali sia annerito alla candela, l'altro impiastrato di colla o coverto di carta, il terzo coverto da uno strato di vernice, ed il quarto perfettamente levigato. Riempito il vase di acqua bollente e situato nel fuoco di uno degli specchi concavi, si osserverà che rivolta la faccia levigata allo specchio il termometro situato nel fuoco dell'altro specchio, posto rimpetto al primo s'innalzerà molto meno di quanto l'altra faccia del vase trovasi rivolta allo specchio. Talmentechè da ripetuti esperimenti eseguiti con somma diligenza da diversi Fisici si hanno le seguenti tavole del potere raggiante relativo, e del potere reflessivo relativo.

Tavola del potere raggiante relativo.		Tavola del potere reflessivo relativo	
Nero fumo............	100	Ottone.........	100
Acqua..............	100	Argento........	90
Carta da scrivere.....	98	Stagno in foglie.	80
Vetro ordinario......	90	Acciaio........	70
Inchostro della China.	88	Piombo........	60
Cristallo............	85	Stagno untato di mercurio.....	10
Mercurio............	20	Vetro..........	10
Piombo brillante......	19	Vetro oleato	5
Ferro pulito.........	15		
Stagno, argento, rame, ed oro............	18		

135. Le facoltà assorbenti e reflessive delle superficie dei corpi pel calorico sono tra loro in ragione inversa; e ciò è patente, dappoichè quanto più una superficie ha facoltà di assorbire un maggior numero di raggi meno ne reflette, e viceversa. Non è peraltro lo stesso del rapporto diretto tra le facoltà assorbenti ed emissive, e l'esperienza sola può farci conoscere il loro accrescimento simultaneo.

Il Signor Leslié, a cui sono dovute il più delle precedenti osservazioni, ha dimostrato che il potere emissivo dei corpi è maggiore quando le superficie sono fornite di punte. Di fatti avendo eseguito un numero di strie parallele con un corpò aguzzo sopra uno dei lati di un cubo di latta, e sull'altro lato l'istesso numero di strie, peraltro metà in un senso e metà in un altro in modo che s'incrociano, riempito il cubo di acqua bollente, e operando come nell'esperimento precedente, si emetterà maggior quantità di calorico dalla superficie ove sono le strie incrociate, che da quella ove sono in direzioni parallele.

136. La densità dei raggi calorifici varia secondo la diversa loro inclinazione sì colla superficie emergente che con

quella assorbente. Ed è stato dimostrato, e comprovato che le densità dei raggi calorifici sono proporzionali ai seni degli angoli formati dalle loro direzioni con quelle delle superficie raggianti; perciò i raggi emessi da superficie raggianti sferiche sono tutti della stessa densità, quando formano lo stesso angolo coi piani tangenti tirati ai punti da dove partono. Tutti peraltro apportano diversa densità calorifica a seconda dei diversi angoli che formano colla superficie ove si imbattono. Di fatti il Sole non ostante che sia più vicino a noi nell'inverno che in està, pur tuttavia perchè i suoi raggi li riceviamo più obliquamente nell'inverno che in està, risenmo maggior calore in està che nell'inverno. La zona torrida è costantemente calda, perchè la sua situazione riguardo al Sole è tale che riceve i raggi di questo astro perpendicolarmente alla sua superficie, ed a proporzione che ci accostiamo verso i poli troviamo la Terra più fredda, perchè la sua forma sferica fa che i raggi solari non cadono che obliquamente su queste due regioni.

Rimane tutt'ora a sapersi se la diversità di calorico raggiante, che si emette da corpi diversamente riscaldati dipenda da un diverso numero di raggi calorifici, oppure da diversa forza calorifica nello stesso numero di raggi; val quanto dire, da diversa densità dei raggi, o dalla diversa densità calorifica dei medesimi raggi?

137. All'assorbimento ed emissione contemporanea, e scambievole del calorico operato dai corpi devesi la proprietà che esso gode di equilibrarsi in quelli, ancorchè situati a varie distanze fra essi; cioè i corpi situati a varie distanze fra essi sono riducibili alla stessa temperatura, poichè tutti, qualunque sia la loro temperatura, e lo stato delle loro superficie, lanciano continuamente ed in tutte le direzioni i raggi calorifici, la cui densità dipende dalla temperatura di questi corpi, dallo stato delle loro superficie, e dall'inclinazione maggiore o minore dei raggi sulle stesse superficie. Nel medesimo tempo essi ricevono sulle loro superficie i rag-

gi emessi dagli altri corpi, de'quali una parte è assorbita, e l'altra è reflessa, e secondochè la quantità di calorico emessa da ciascuno di essi e più grande, uguale, o più piccola di quella che essi assorbiscono, questi corpi si raffreddano, conservano la loro temperatura, o si riscaldano; a questo modo si stabilisce tra essi un equilibrio di temperatura.

138. Il Signor Prevost coll'aiuto di questa teorica diede una facile dimostrazione dell'esperimento eseguito dai Sig. Saussure e Petit. Se in luogo del corpo caldo, nell'esperimento dinnanzi descritto, si metta la neve nel fuoco dello specchio, si osserverà un abbassamento di temperatura nel termometro posto nel fuoco dell'altro specchio. Senza ammettere l'esservi un fluido frigorifero capace di reflessione al pari dèl calorico, come taluni Fisici avevano ideato. Prevost ne fa dipendere la dimostrazione dalla proprietà che hanno tutt'i corpi di lanciare il calorico raggiante finchè si stabilisca un perfetto equilibrio di temperatura tra essi; e siccome, in questo caso il bulbo del termometro fa da corpo caldo perciò esso si scarica progressivamente delle quantità di calorico, e soffre per conseguenza un abbassamento di temperatura mentrechè nel fuoco dello specchio opposto succede la fusione del giacchio.

Quando poi i corpi sono in contatto l'equilibrio di temperatura si stabilisce in essi come se fossero molecole dello stesso corpo; la celerità con cui si eseguisce, è nella ragione dei punti di contatto, e nella ragione della maggiore o minore facilità con cui sono attraversati dal calorico, che dicesi conducibilità, e finalmente dal grado di saturazione.

139. L'aria ed i gas sono facilmente attraversati dal calorico, come abbiamo detto parlando del calorico raggiante, ed in questo passaggio una parte di raggi calorifici sono assorbiti dall'aria, la quale è maggiore qualora la temperatura dei corpi raggianti è più bassa. Il riscaldamento dell'aria e degli altri gas ha luogo principalmente pel contatto dei corpi solidi riscaldati, c pel loro movimento risultante da ine-

guaglianza di densità per l'azione della temperatura. Di fatti se s'immerga nell'aria o in un gas un corpo solido riscaldato, i strati di aria che lo circondano si riscaldano divenendo specificamente più leggieri degli altri, e si elevano, perchè rimpiazzati da altri, i quali riscaldati ugualmente si elevano: proseguendo in simil modo si stabiliscono nella massa aeriforme due correnti una ascendente e l'altra discendente, e all'azione di queste correnti si deve la comunicazione del calorico in tutta la massa. Questa è la ragione per cui una massa aeriforme non si riscalda coll'applicazione di un corpo caldo situato nella sua sommità, perchè i strati sottoposti non si mettono mai in contatto col corpo caldo. Nei liquidi l'irraggiamento da molecola a molecola è ugualmente difficile, poichè per essi anche è difficile il riscaldamento da alto in basso e con difficoltà sono a molta profondità penetrati dal calorico raggiante. Il riscaldamento più consueto ed efficace nei liquidi si effettuisce allo stesso modo che nei gas, essendo prodotto dall'ineguaglianza di temperatura al pari di questi, costituendo così ineguali densità. Di fatti quando un liquido è riscaldato nella sua parte inferiore si stabiliscono due correnti una di strati caldi ascendente, e l'altra di strati freddi discendenti; il che si può facilmente osservare mettendo nel liquido corpicciuoli solidi coloriti, di densità presso a poco uguale a quella del liquido. Si osserverà che quei corpicciuoli che sono negli strati di liquido caldo ascendono, e quelli inviluppati dai freddi discendono.

140. La propagazione del calorico nei corpi solidi non ha luogo come nei liquidi, dacchè le loro molecole sono invariabilmente legate tra loro; perciò in questi si effettuisce per irraggiamento da molecola a molecola.

La facoltà conduttrice dei corpi solidi è varia, giacchè ognuno conosce che se una bacchetta di vetro è in fusione in uno dei suoi punti, a piccola distanza da questo punto può maneggiarsi senza verun incomodo, mentrechè se l'estremità di una verga di ferro è arroventita, ad una gran distan-

za soltanto, la mano può sostenerne la temperatura. Si può osservare questa proprietà conduttrice del calorico nei diversi corpi, mediante un semplicissimo apparecchio, che consiste in una cassetta rettangolare di latta, fornita lateralmente di diversi tubi di ugual diametro, nei quali si conficcano cilindri di ugual diametro e lunghezza e di diverse sostanze, che si vogliono assoggettare all'esame, le estremità esteriori di questi tubetti, s'intingono nella cera fusa, di modochè il piccolo strato di cera da cui restano investiti, dopo il raffreddamento, giunga alla stessa altezza in tutt'i cilindri. Riempita la cassetta di olio bollente, il calorico si condurrà per i cilindri, ed i strati di cera situati sul cilindro il più conduttore, saranno i primi a fondersi; avendo successivamente luogo la fusione degli altri nell'ordine della loro conducibilità pel calorico.

Dagli sperimenti del Sig. Inghenouse conosciamo che l'oro e l'argento sono tra i metalli i migliori conduttori, indi il rame lo stagno, e il platino, e poco dopo il ferro, l'acciaio, e il piombo. Il vetro e la porcellana sono molto inferiori ai metalli.

Dagli sperimenti più recenti fatti dal Signor Despretz la facoltà conduttrice delle sostanze qui appresso notate può essere rappresentata dai numeri che l'affiancano.

Oro	1000.
Argento	973.
Rame	892. 2
Ferro	374. 3
Zinco	363. 0
Stagno	303. 9
Piombo	179. 6
Marmo	23. 6
Porcellana	12. 2

Il carbone di legna, ch'è stato fortemente calcinato, e l'aria immobile sono ancora più cattivi conduttori del mattone. Ma di tutt'i corpi quei che danno più difficilmente passaggio al

calorico sono le masse composte di filamenti, che si toccano per un piccol nůmero di punti, come la paglia, la lana, il cotone la stoppa, la lanugine ecc. Questa proprietà è dovuta alla mancanza della rinnovazione dell'aria.

141. Da queste conoscenze possiamo ricavarne le seguenti utili applicazioni. 1.° Per apportare una economia di calorico e per esso un risparmio di combustibile sarà necessario circondare l'interno dei fornelli di sostanze poco conduttrici del calorico, guarnendone gli spazi vuoti, con rivestirli internamente, di mattoni refrattari, carbone calcinato, masse filamentose ecc. 2.° I vasi nei quali si mettono ad evaporare i liquidi, o in cui si fan bollire, bisogna che abbiano il fondo larghissimo; per assoggettare una superficie maggiore all' azione del calore è anche opportunissimo saldare nel fondo del vase alcune sottili lamine o fili di metallo per esser questi migliori conduttori del calorico dei liquidi. 3.° Che la superficie esteriore dei vasi lungi dall'essere levigata e pulita, debba essere piuttosto scabra,ed annerita, per far sì che raggi calorifici siano assorbiti per la maggior parte.

Del calorico Latente.

142. Quando il calorico fa azione su di un corpo produce due effetti distinti; cioè l'elevazione di temperatura e l'allontanamento delle molecole, dando luogo alla dilatazione del corpo. Questi due effetti possono considerarsi prodotti da due quantità di calorico separati, delle quali una produce l'aumento di temperatura del corpo , e l' altra la sua dilatazione, ovvero l'allontanamento delle sue molecole. La prima è stata distinta col nome di calorico sensibile o libero, la seconda è il calorico latente. Perciò possiamo dire che il calorico latente di un corpo è la porzione del suo calorico che produce l'allontanamento delle sue molecole.

La dilatazione dei corpi si manifesta in una maniera sì evi-

dente, che sembra quasichè superfluo rapportarne gli sperimenti.

Se una spranga metallica che riempie esattamente, o per la sua lunghezza, o per la sua larghezza lo spazio frapposto tra due colonnette di marmo o di cristallo, si riscaldasse essa si distenderà da non potervi più penetrare. Più sollecita ed evidente riesce la dilatazione de'liquidi, se in una boccettina terminata da lungo e stretto tubo s'introduca un liquido qualunque cosicchè la boccettina e porzione del tubo ne restino piene; all'azione di leggiero calore si osserverà il liquido salire nel tubo. La dilatazione nei corpi aeriformi è molto più sensibile e patente; di fatti se in una vescica s'introduca una porzione di aria, all'azione del calore si dilaterà da gonfiare la vescica, e anche romperla se il calore si avvanzi.

143. La dilatazione comparativa dei metalli si potrebbe osservare mediante il pirometro a spranghe metalliche, se la sua costruzione non lo facesse andar soggetto ad errori inevitabili. Esso consiste in due sostegni di metallo piantati su di una tavoletta di legno sulla quale si adatti la spranga metallica che con uno dei suoi estremi s'incastra in uno de'detti sostegni, e coll'altro estremo fa azione su di un meccanismo di leve e ruote, che comunicano il movimento ad un indice che scorre col suo estremo sopra una graduazione stabilita intorno ad un quadrante circolare. Il calorico prodotto da un numero determinato di lucerne a spirito di vino o ad olio, che agiscono al di sotto della spranga, la fa distendere, e ne è marcata la distensione dall'indice sul quadrante circolare. Sostituendo spranghe di differenti metalli, ma di uguali dimensioni, e per tempi perfettamente uguali, si ha il diverso rapporto di dilatazione tra i medesimi. Il contatto immediato della spranga sì con i sostegni, che col meccanismo di rotaggi e leve è la principale cagione di errore in questo apparecchio, giacchè buona porzione del calorico si distrae propagandosi in questi corpi.

I Signori Lavoisier e Laplace, mediante un apparecchio

ingegnosissimo, e di una gran precisione, hanno determinata la dilatazione assoluta di diversi corpi, dalla temperatura del giacchio fondente fino a quella dell'ebollizione per ciascun grado del termometro centigrado. La tavola seguente contiene i risultati de'loro sperimenti, espressi in frazioni ordinarie e decimali della loro lunghezza.

NOMI DELLE SOSTANZE	DILATAZIONE PER CIASCUN GRADO DEL TERMOMETRO CENTIGRADO
Tubo di vetro senza piombo. . .	$^1/_{114191}$ = 0. 00000875
Flint-glas inglese.	$^1/_{124834}$ = 0. 00000801
Vetro di Francia con piombo. .	$^1/_{114680}$ = 0. 60000871
Rame	$^1/_{58057}$ = 0. 00001722
Ottone.	$^1/_{53537}$ = 0. 00001866
Ferro dolce forgiato	$^1/_{81300}$ = 0. 00001221
Ferro trafilato rotondo	$^1/_{81157}$ = 0. 00001232
Acciaio non temperato	$^1/_{92700}$ = 0. 00001078
Acciaio temperato giallo ricotto a 65°.	$^1/_{80674}$ = 0. 00001239
Piombo	$^1/_{35108}$ = 0. 00002848
Stagno delle Indie, o di Malaga.	$^1/_{51609}$ = 0· 00001937
Stagno di Falmouth.	$^1/_{46161}$ = 0. 00002166
Argento di coppella	$^1/_{52363}$ = 0. 00001909
Argento al titolo di Parigi. . . .	$^1/_{52392}$ = 0. 00001908
Oro di spartimento, o separato dall'argento.	$^1/_{68202}$ = 0. 00001466
Oro al titolo di Parigi non ricotto.	$^1/_{64442}$ = 0. 00001551
Oro al titolo di Parigi ricotto. .	$^1/_{66067}$ = 0. 00001513
Ferro fuso secondo il Magg. Gle. Ray	$^1/_{90100}$ = 0. 00001109
Platino secondo Borda	$^1/_{116748}$ = 0. 00000856

I Signori Doulong e Petit con apparecchi di una grande esattezza hanno ottenuto i risultati seguenti: Platino da 0° a 100° $^1/_{1131}$ = 0. 00088, da 0° a 300 $^1/_{363}$ = 0. 002754: Vetro da 0° a 100° $^1/_{1116}$ = 0. 000896, da 0° a 200 $^1/_{544}$ = 0. 001838, da 0° a 300 $^1/_{3[illegible]}$ = 0. 003039: Ferro da 0° a 100°

$^1/_{846}$ = 0. 001182, da 0° a 300° $^1/_{227}$ = 0. 004405: Rame da 0° a 100° $^1/_{582}$ = 0. 001718, da 0° a 300° $^1/_{177}$ = 0. 005649.

Mediante la tavola di dilatazione si può facilmente trovare l'aumento in lunghezza che soffre un corpo cagionato dall'accrescimento di un numero qualunque di gradi della sua temperatura; e per far ciò basta moltiplicare la lunghezza del corpo per la dilatazione lineare espressa nella tavola, e pel numero di gradi di aumento della sua temperatura. Di fatti supponiamo che una spranga di ferro alla temperatura di 30° fosse della lunghezza di dodici canne, vogliamo trovare quale sarebbe l'aumento della lunghezza alla temperatura di 80°. Nella prima tavola la dilatazione del ferro per l'unità di lunghezza, e per un grado del termometro centigrado, è di 0. 000011; perciò sarà l'aumento della sua lunghezza prodotto dall'aumento di temperatura di 50° = 12 × 0. 000011 × 50 = 0. 0066 di canna.

144. Quantunque le tavole precedenti non diano che la dilatazione lineare, pur tuttavia potendosi questa applicare all'aumento sì in lunghezza, che in larghezza, ed in profondità, supponendo la distensione de'corpi uniforme nelle tre dimensioni; perciò possiamo mediante le medesime conoscere l'aumento in volume moltiplicando il volume del corpo pel triplo della dilatazione lineare, e per l'aumento della temperatura. Di fatti se si cerca l'aumento in volume di una massa di piombo di due canne cubiche, che dalla temperatura del 20° del termometro centigrado sia passata a quella di 120° del medesimo termometro si avrà 2 × 0. 00002848 × 3 × 100 = 0. 017088 di canna cubica.

145. Al pari dei corpi solidi i liquidi si dilatano, e si restringono per le variazioni di temperatura. Per studiare le leggi di dilatazione dei liquidi l'apparecchio più semplice consiste in un tubo di vetro capillare ben calibrato, al quale sia gonfiata una pallina in una delle sue estremità, la capacità della quale sia conosciuta per rapporto a quella del tubo, e la lunghezza di questo sia divisa in parti uguali che diconsi

gradi. Si riempi la pallina perfettamente del liquido che vuolsi assoggettare all'esame, e si porti l'apparecchio in un bagno la cui temperatura sia ben conosciuta. Il liquido dilatandosi ascenderà nel tubo, e dal numero dei gradi che vi si eleverà, si giudicherà di qual parte del suo volume primitivo si è disteso. Ed eccoci al fatto; supposto che la capacità della palla sia uguale al cubo di un quarto di palmo; e che la capacità del tubo capillare annesso alla medesima sia la centesima parte della capacità della palla, e sia divisa in trenta parti uguali, riempita la palla esattamente di liquido alla temperatura di zero, e trasportato l'apparecchio in un bagno alla temperatura di 20°; se il liquido ascenda nel tubo fino all'altezza di dodici gradi, si conosce chiaramente che l'aumento di volume sofferto dal liquido pel passaggio dalla temperatura di zero a quella di 20° è uguale a $^{12}/_{30}$ di $^{1}/_{100}$ del suo volume primitivo, perchè il liquido pel cambiamento di temperatura di 20° si è innalzato nel tubo fino ad occupare dodici parti o gradi, delle trenta parti in cui è stata divisa la sua totale lunghezza, e per conseguenza ha occupato $^{12}/_{30}$ della sua intera capacità, la quale è di $^{1}/_{100}$ del volume della palla, perciò il liquido si è disteso di $^{12}/_{30}$ di $^{1}/_{100}$ del volume primitivo del liquido, uguale a $^{12}/_{3000}$.

Questo modo di operare esige certe precauzioni e correzioni senza di che i risultati sarebbero incsatti 1°. Bisogna che il liquido, che s'introduce nella palla sia preventivamente ben purgato di aria, perchè questa dilatandosi più del liquido apporterebbe una dilatazione maggiore di quella che dovrebbe essere; il che può ottenersi assoggettandolo ad una ebollizione continuata. 2.° Riempita la palla di liquido è necessario chiudere ermeticamente l'estremità del tubo alla lampada, per impedire che il liquido evapori; potendo i liquidi evaporare a qualunque temperatura in contatto dell'aria, il che apporta una minorazione del medesimo. 3.° È necessario dare una correzione ai risultati, onde aumentare la loro dilatazione, o il loro restringimento, secondochè l'apparec-

chio si assoggetti a temperature più elevate, o più basse, di quanto è l'aumento o il restringimento del volume della palla e del tubo; correzione che se non si può eseguire colla massima esattezza, peraltro se li darà un compenso prudenziale.

146. La dilatazione dei liquidi si può ancora conoscere determinando esattamente il peso di un medesimo volume di liquido a differenti temperature, operando nel modo che diremo per la determinazione del peso specifico dei liquidi secondo il metodo di Klaproth, dal che coll'aiuto del calcolo si potrà conoscere il volume della stessa massa di liquido a differenti temperature. Così supponiamo che un volume di liquido a 0° pesi 48 trappesi, e lo stesso volume a 35° pesi 42 trappesi; si domanda quale sarebbe l'aumento del secondo volume per corrispondere al peso del primo; il che si ha istituendo la seguente proporzione, se 42 trappesi occupano un volume a 35°, 48 trappesi alla medesima temperatura qual volume occuperanno? si avrà $^{48}/_{42} = 1\ ^{6}/_{42} = 1\ ^{1}/_{7}$; perciò l'aumento per l'avvanzamento di temperatura è di $1\ ^{1}/_{7}$ del volume primitivo.

È necessario con questo metodo ugualmente correggere il risultato per la dilatazione che soffre il cristallo per l'aumento di temperatura.

Di tutti i metodi conosciuti quello che può dare la maggior esattezza, perchè i risultati sono esenti da correzioni, è quello eseguito mercè un apparecchio semplicissimo, che consiste in un tubo orizzontale BC di un certo diametro, (Fig. 64), alle cui estremità sono saldati ad angolo retto due altri tubi BA e CD; ed il tutto accomodato su di una tavoletta di legno SR. I due tubi verticali BA e CD sono circondati da due tubi di cristallo di maggior diametro, saldati a mastice nella loro base colla tavoletta per potersi riempire agevolmente di un liquido a diverse temperature; ed è opportuno riempire il fondo di questi tubi di mastice fino all'altezza di un pollice circa per ricoprire bene la porzione del tubo orizzontale BC onde esentarlo dall'influenza della

temperatura del liquido posto nei tubi di maggior diametro. La teorica di quest'apparecchio è basata sulla legge stabilita in idrostatica; che se due liquidi di diversa densità s'introducono nelle braccia di un tubo curvo le loro elevazioni sono nella ragione inversa delle loro densità. Perciò se si empisse il tubo ABCD del liquido di cui si vuol determinare la dilatazione; qualora la temperatura delle due braccia è la stessa, i livelli sono alla medesima altezza; ma se le due braccia del tubo si assoggettissero a diverse temperature, il che si può ottenere riempiendo uno dei cilindri di cristallo di un liquido ad una temperatura determinata, si osserverà una elevazione maggiore nel braccio del tubo assoggettito a temperatura più alta, e la differenza nell'altezza del livello indicherà la dilatazione sofferta da quella quantità di liquido assoggettito a temperatura maggiore. Si potrà anche osservare il restringimento assoggettando una delle braccia del tubo a temperatura più bassa, il che si ottiene introducendo in uno dei cilindri una miscela frigorifera di cui si esamini l'abbassamento di temperatura. L'altezza della colonna di liquido e la differenza di livello possono essere indicate da una scala divisa in parti di una misura lineare qualunque; ma eseguita colla massima esattezza.

147. Da ripetute osservazioni eseguite sulle dilatazioni di diversi liquidi si è dedotto, che la dilatazione dei liquidi aumenta coll'aumento di temperatura; ma questo accrescimento di volume non è proporzionale al cambiamento di temperatura; dappoichè l'aumento in volume che soffre un liquido pel passaggio della temperatura di 15° a 25° del termometro centigrado non corrisponde all'aumento che soffre lo stesso liquido pel passaggio dalla temperatura di 25° a 35° dello stesso termometro, essendo la dilatazione maggiore qualora il liquido si trova a temperatura più elevata, non ostante lo stesso aumento di temperatura; e nelle temperature prossime a quelle del cangiamento di stato, come a quella della loro

ebollizione e congelazione, i liquidi soffrono grandi anomalie nella loro dilatazione e restringimento.

148. Le dilatazioni che soffre il mercurio tra la temperatura di — 36° fino a + 100° sono quasi uniformi per ciascun grado di temperatura. E dietro le osservazioni dei signori Dulong e Petit il mercurio si dilata per ogni grado del termometro centigrado, da 0° a 100°, di $1/5550$; da + 100° a + 200° di $1/5425$; da + 200° a 300° di $1/5300$; questi risultati si hanno quando il mercurio trovasi chiuso nel vetro.

Noi daremo una tavola contenente la dilatazione assoluta dei liquidi più usitati tra la temperatura di 0° a 100° in parti del loro volume, essendo il loro volume a 0° = 1.

NOMI DELLE SOSTANZE.	DILATAZIONE DA 0° a 100°
Acido Idro-clorico (peso spec. 1. 137) ..	0. 06000
Acido nitrico (p. s. 1. 40)	0 1100
Acido solforico (p. s. 1. 83)	0. 0600
Alcool	0. 1100
Acqua	0. 0466
Acqua satura di sal comune	0. 0500
Etere solforico	0. 0700
Olio fino	0. 0800
Olio di terebinto	0. 0700
Mercurio da 0° a 100°	0. 018018
Mercurio da 100° a 200°	0. 0184331
Mercurio da 200 a 300	0. 0188679

Per mettere in piena evidenza l'accrescimento della dilatazione dei liquidi a misura che la temperatura aumenta, abbiamo creduto opportuno soggiungere la tavola seguente.

TAVOLA

Del restringimento progressivo di alcuni liquidi da 5 a 5 gradi del termometro centigrado, rappresentando il loro volume per 100 alla temperatura della loro ebollizione, essendo l'ebollizione dell'acqua a 100°, quella dell'alcool a 78.° 41, quella del solfuro di carbone a 46.°60, e quella dell'etere a 35°, 66.

TEMPERATURA	ACQUA	ALCOOL	SOLFURO DI CARB.	ETERE SOLF.
Da 75° a 70°...	36. 76	80. 11		
Da 70° a 65°...	35. 47	75. 48		
Da 65° a 60°...	31. 02	70. 74		
Da 60° a 55°...	32. 42	65. 96	66. 21	
Da 55° a 50°..	30. 60	61. 01	61. 14	78. 38
Da 50° a 43°...	28. 56	56. 02	56. 28	72. 01
Da 45° a 40°...	26. 50	50. 85	51. 08	65. 48
Da 40° a 35°...	24. 10	45. 68	45. 77	58. 77
Da 35° a 30°...	21. 52	40. 28	40. 48	52. 05
Da 30° a 25°...	18. 85	34. 74	35. 06	46. 42
Da 25° a 20°...	16. 06	29. 15	29. 65	39. 14
Da 20° a 15°...	13. 15	24. 34	23. 80	31. 83
Da 15° a 10°...	10. 50	17. 51	17. 58	24. 16
Da 10° a 5°...	6. 61	11. 43	12. 01	16. 17
Da 5° a 0°...	3. 34	0. 55	6. 14	8. 15

149. Se i solidi e i liquidi si dilatano colle addizioni di calorico, i fluidi aeriformi risentono con molta più energia le impressioni del calorico, essendo in essi minorato in sommo grado la forza di coesione, e quasi distrutta: gli sperimenti semplicissimi possono convincercene. Di fatti se si prenda una vescica di castrato o di altro animale, sfloscita per la maggior parte, e perfettamente chiusa nella sua apertura, all'azione del calorico si aumenta di tanto il volume di aria che contiene fino a gonfiarla completamente.

La dilatazione dei gas, a differenza dei corpi solidi e liquidi, è uguale per ciascun grado termometrico, ed è uniforme per tutt'i gas. La scoverta di questa legge interessante è

dovuta ai signori Dalton, e Gay-Lussac, che la rinvennero in pari tempo. Essa può esser comprovata nel seguente modo: si prenda un tubo di cristallo di piccol diametro ben calibrato nel suo interno, e diviso in parti uguali, aperto ad una delle sue estremità, e terminato dall' altra da una palla di cui la capacità sia ben conosciuta, e si sappia ancora il rapporto della capacità della palla colle divisioni del tubo. Questo rapporto si determina nel seguente modo: si pesi esattamente il tubo vuoto, indi si riempi la palla di mercurio, con riscaldarla ed immergerne immediatamente la estremità del tubo in questo metallo, si pesi di bel nuovo il tubo, e da questo peso si sottragga il peso del tubo vuoto, il residuo darà il peso del mercurio contenuto nella palla; allo stesso modo si determini il peso del mercurio contenuto in un dato numero di divisioni del tubo, che sono tutte della stessa capacità; si avrà così il rapporto tra la capacità della palla, e la capacità di una delle divisioni, nel rapporto del peso del mercurio contenuto nella palla, al peso del mercurio contenuto in una delle divisioni del tubo.

150. Per eseguire lo sperimento è necessario una cassetta di latta chiusa, (Fig. 65) che abbia agli estremi della sua lunghezza due tubi per dar esito ai vapori, e nel mezzo altra piccola apertura per introdurvi un termometro onde marcare le diverse temperature.

Si riempi la palla e porzione del tubo di aria secca, e si introduca nel tubo una piccola colonna di mercurio sì per intercettare l'aria posta nella palla come ancora per servire da indice, quindi si situi orizzontalmente nella cassetta di latta, facendo passare il tubo per un sughero posto in un buco praticato lateralmente nella cassetta, ed in modo che ne resti fuori quella porzione di esso interposto tra la colonnetta di mercurio e il suo estremo; si ricopra di ghiaccio fondente la palla, e la porzione di tubo interposta tra la palla e l'indice; l'aria si condenserà, e l'indice si avvicinerà alla palla finchè giungerà ad un punto nel quale si arresterà; a questo

punto si marcherà zero. Si riempi la cassetta di acqua, e si riscaldi fino a 10°, da 10° fino a 20°, da 20° fino a 30° ecc. e finalmente fino a 100°, osservando con accuratezza l'andamento dell'indice, che segna la dilatazione progressiva dell'aria. Si osserverà che questo fluido si dilata ugualmente nel passare da 0° a 10°, da 10° a 20° da 20° a 30°; e che finalmente nel passare da 0° a 100° si dilata di 0. 375 del suo volume. E siccome la dilatazione è uniforme da 0° a 10°, da 10° a 20°, da 20° a 30° ecc. ne risulta che l'aria si dilata per ciascun grado di 0.00375$=\frac{1}{266.67}$ del suo volume che occupa a zero.

Questi risultati sono dovuti al Sig. Gas-Lussac, e sono stati verificati da sperimenti posteriori. Il Sig. Dalton ha trovato 0. 372 per la dilatazione assoluta da 0.° fino 100.°

Affinchè l'esperimento sia eseguito con esattezza è necessario introdurre il tubo nella cassetta di latta a misura che l'aria si dilata, facendo in modo che l'indice sia sempre a livello della parete, sì per aver sempre presente l'andamento dell'indice, come ancora per far sì che tutta la massa di aria su cui si opera soggiaccia alla stessa temperatura; e senza quest'avvertenza i risultati sarebbero erronei.

Per maggior chiarezza supponiamo, che ciascuna divisione del tubo sia uguale $\frac{1}{266.67}$ della capacità della palla, che la palla sia piena di aria a zero, che l'indice sia situato nel principio del tubo dalla parte della palla, e che s'innalzi la temperatura progressivamente di 1°, 2°, 4°, 10°, 30° ecc; si osserverà che l'aria si dilata progressivamente occupando 1, 2, 4, 10, 30 ec. divisioni del tubo; il che dà piena dimostrazione che la dilatazione si esegue secondo la legge indicata.

151. Le dilatazioni dei differenti gas seguono la stessa legge. Per provarlo basta prendere due tubi di vetro chiusi ad una delle loro estremità, graduati colla massima esattezza, e di dimensioni perfettamente uguali, riempirli di mercurio, introdurvi in uno un dato volume di aria, e nell'altro lo stes-

so volume di gas; trasportato l'apparecchio in una stufa, affinchè se li potesse dare una temperatura a piacere ma uniforme onde osservare l'andamento della dilatazione, si osserverà che la dilatazione è uniforme nell'aria e nel gas, e perciò la legge è applicabile a tutt'i gas.

I risultati che si hanno da queste osservazioni è necessario che si assoggettino a correzioni sì per l'allungamento o restringimento che soffre il vetro sì della palla che del tubo, come ancora bisogna tener conto della pressione atmosferica, qualora non è stata uniforme nelle diverse osservazioni; avendo su di ciò presente la legge di Mariotte, che i volumi sono nella ragione inversa dei pesi da cui sono compressi.

152. I signori Petit e Dalong nei loro belli sperimenti sul calorico hanno dimostrato per mezzo di nuove osservazioni, che l'uguaglianza di dilatazione tra i differenti gas che il signor Gay-Lussac aveva riconosciuto tra il limite del ghiaccio fondente, e quello dell'acqua bollente, si estende tra i limiti di 36° sotto zero e 300° sopra zero del termometro centigrado; ma l'uniformità di dilatazione del mercurio si verifica da 36° sotto zero, fino a 100°.

La dilatazione dell'aria pel calore è la principale cagione del movimento dell'aria atmosferica, ossia della produzione dei venti, ed è la cagione unica del movimento dell'aria nelle stufe, nei cammini, e nei diversi apparecchi addetti a riscaldare.

Cangiamento di stato.

153. Finora abbiamo studiato la dilatazione che il calorico apporta ai corpi nel loro diverso stato; è necessario dire qualche cosa sulla sua azione nell'apportare il cangiamento di stato nei corpi.

Un corpo solido essendo riscaldato fino ad un certo grado la coesione delle sue molecole s'indebolisce, e diventano queste suscettibili di cangiar situazione rispettivamente: a buon conto il corpo si liquefà. Il passaggio dallo stato solido allo stato

liquido, operato dal calorico, vien distinto col nome speciale di fusione, e la temperatura necessaria a ottenere questa conversione varia secondo la natura de'corpi. Taluni si fondono prima di divenir roventi, altri esigono un grado di calore molto più elevato, ed altri rimangono infusibili ancorchè assoggettiti al più alto grado di calore che possiamo produrre. Di fatti il mercurio è fuso a — 39°, l'acqua a 0°, la cera a + 65°, lo stagno a + 226°, il piombo a + 312°, il rame a + 2530°, ed il ferro a 130° del pirometro di Vedzwood ecc.

Se si elevi dippiù la temperatura di un corpo fuso la coesione delle sue molecole diminuisce anche dippiù, e prende la forma di aria, o di gas, avverandosi il fenomeno dell'ebollizione, che consiste nello svolgimento delle bolle di gas in cui si converte il liquido, le quali attraversano la massa e si vanno a rompere alla sua superficie.

154. La temperatura necessaria all'ebollizione varia ancora per ciascun corpo; per esempio l'etere bolle a + 36°, l'alcool a + 78°, l'acqua a + 100°, l'acido solforico a + 326°, il mercurio a + 356° 1/4. Perciò i liquidi non possono riscaldarsi ad un grado superiore di quello nel quale entrano in ebollizione; dappoichè tutto il calorico che vi si aggiunge al di là di questo, s'impiega a convertirne porzione allo stato di gas.

155. La temperatura alla quale un corpo bolle nell'atmosfera varia in ragione del grado di pressione che questa esercita, e del grado di pressione della colonna di liquido che la sovrasta, perchè queste pressioni si oppongono col loro peso alla sua conversione in gas; perciò quando la pressione atmosferica e l'altezza della colonna di liquido aumenta, la forza che produce queste bolle, ch'è il grado di temperatura deve anche crescere.

Questa è la ragione per cui i liquidi bollono a temperatura biù bassa nel vuoto che nell'aria libera. Nel vuoto l'acqua si può far bollire a qualunque temperatura al di sopra di zero; purchè si abbia l'avvertenza di mantenere lo strato inferiore

del liquido più caldo di quello alla superficie per alcuni gradi. Perchè in questo caso l'acqua si trasforma in gas nel fondo del vase, e nell'attraversare la massa liquida dà il fenomeno dell'ebolizione.

Gay-Lussac ci ha fatto conoscere che i liquidi si convertono più facilmente in gas quando sono in contatto colle superficie angolose, o ineguali, di quando queste superficie sono lisce e pulite. Questa è la ragione per cui l'acqua bolle ad una temperatura di un grado e terzo più bassa nei vasi di metallo che nei vasi di vetro, potendosi in questi anche abbassare il grado di ebollizione con mettervi nel fondo qualche corpo ruvido, come vetro polverizzato, o altro.

156. I liquidi capaci di volatilizzarsi si convertono in gas a qualunque temperatura sieno esposti. Faraday dimostrò che una foglia di oro posta sull'apertura di un fiasco in cui vi era una goccia di mercurio, dalla temperatura di $+ 20^\circ$ a $+ 25^\circ$ si convertì in amalgama dopo alcuni giorni, e che a 0° avviene soltanto quando la foglia di oro è sospesa vicinissima al mercurio. Osserviamo continuamente che l'acqua, e, altri liquidi esposti in vasi aperti alla temperatura ordinaria, mancano di volume progressivamente, fino a disseccarsi completamente. Perciò non bisogna considerare l'ebollizione come la sola via per convertire i corpi allo stato di fluidi aeriformi. Peraltro la conversione si effettuisce più facilmente ed in maggior quantità a proporzione che si assoggetti a temperatura più elevata, che la superficie del liquido e più estesa, che la pressione atmosferica è minore, e che il liquido è più volatile.

Dei Termometri.

157. La dilatazione dei corpi pel calorico ci fornisce gli strumenti atti a misurare le diverse temperature detti termometri. Tutti i corpi cangiano di volume coll'aggiunzione di calorico, ma non tutti sono opportuni a misurare le temperature, perchè non tutti manifestano questo fenomeno eviden-

tementc, e ritornano allo stato di prima subitochè la cagione cessa di agire, nè tutte si dilatano uniformemente per uguali aggiunzioni successive di calorico.

Trascurando tutto ciò che si è praticato dai Fisici per indicare le diverse temperature, ci limiteremo a descrivere i termometri che tutt'ora riscuotono l'approvazione.

Fin dal principio del diciottesimo secolo quasi contemporaneamente Farenheit e Reaumur diedero la costruzione esatta di questo strumento. Esso consiste in un tubetto di cristallo ben calibrato nel suo interno, ad una delle cui estremità è soffiata una piccola pallina, che unita ad una porzione del tubo si riempie di mercurio ben purificato colla distillazione. Per introdurre il mercurio nel tubo si riscalda la pallina esponendola al fuoco, l'aria si dilata ed esce in buona parte per l'estremità aperta del tubo, tale estremità si tuffa immediatamente nel mercurio; col raffreddamento l'aria della palla si condensa, e l' esterna pressione fa salire una porzione di mercurio nel tubo; ripetendo più volte la stessa operazione si riempie la pallina e porzione del tubo di mercurio, che si vuota di aria facendolo bollire; per tale effetto la colonna di mercurio occuperà tutta la lunghezza del tubo, e in questo stato si chiude l'estremità di questo al cannello. Rimane a segnarsi la scala dello strumento; per questo è necessario premettere che si hanno due temperature stabili, quella del ghiaccio che fondesi, e l'altra è quella dell'ebollizione dell'acqua. In alcuni casi il ghiaccio fondesi a temperature differenti, ma il suo punto di fusione è sempre lo stesso. La temperatura dell'ebollizione è peraltro costante purchè l'acqua sia pura, e posta in vase di rame, ed esposta alla stessa pressione atmosferica, che ordinariamente si prende quella di 76 centimetri. Immergesi quindi il termometro nel ghiaccio pesto, il mercurio si abbasserà nel tubo, e resterà stabile ad un certo punto, che si segna e chiamasi punto di congelazione; in seguito si passa nell'acqua bollente, s'innalzerà il mercurio nel tubo fino ad un certo punto nel quale resterà fisso, che chiamasi punto di

ebollizione. La distanza che passa tra il punto di congelazione, e quello di ebollizione chiamasi distanza fondamentale. Se questa distanza si divida in 80 parti uguali, e si continui la divisione in parti uguali a quelle della distanza fondamentale sì al di sotto del punto di congelazione, che al di sopra del punto di ebollizione, si ha il termometro di Reaumur o di De Luc. Se la distanza fondamentale si divida in 180 parti uguali, e si continui la divisione in parti uguali sì al di sopra del punto di ebollizione, che al di sotto del punto di congelazione e si marca zero il 32° al di sotto del punto di congelazione naturale, si ha il termometro di Farenheit; e si avrà quello centigrado se la distanza fondamentale si divida in cento parti uguali uniformandolo al sistema decimale, siccome molto tempo prima praticò Celsius. (V. Fig. 66.)

158. In vece del mercurio può anche adoperarsi l'alcool, poichè solo questi liquidi sono stati finora impiegati per la costruzione dei termometri liquidi. Il termometro ad alcool utilissimo nelle basse temperature, per la difficoltà che hà di congelarsi, e per la maggior sensibilità di cui è dotato, non può servire per temperature elevate, e propriamente non al di sopra di 30° a 40° sopra zero; dappoichè vaporizzandosi non solo darebbe false indicazioni, ma potrebbe apportare la rottura dello strumento. I termometri a mercurio sono comodissimi per indicare le temperature da 36° circa sotto zero fino a circa 300° sopra zero, ma al di là non sono servibili, giacchè allo stato di ebollizione, o allo stato prossimo il mercurio è al caso di offrire gli stessi inconvenienti dell'alcool. Oltre a ciò i termometri a mercurio hanno un altro vantaggio su quello ad alcool; ed è che siccome la dilatazione del mercurio, a differenza di tutti gli altri liquidi, è quasi uniforme particolarmente tra il limite di 36° sotto zero e + 100°, perciò le sue indicazioni sono molte più esatte, dippiù il mercurio si può con facilità ottenere della stessa natura e purgato di aria, ed essendo miglior conduttore del calorico, assume più prontamente la temperatura dei corpi in esame.

Una delle principali avvertenze che bisogna avere nella scelta del termometro, si è di assicurarsi che l'interno del tubo sia ben calibrato, e che sia ben purgato di aria; il calibro interno non può verificarsi che nella sua costruzione, ma possiamo facilmente accertarci se mai sia purgato di aria capovolgendo il termometro colla palla in su; se il mercurio cade immediatamente, e come si dice fa il martello, è segno che l'aria n'è stata scacciata perfettamente.

La grandezza del bulbo del termometro, e quella del tubo sono arbitrarie pur non tanto per gli sperimenti delicati è opportuno avere un termometro con tubo stretto e con la palla di picciol volume; poichè avvicinando il termometro ad un corpo per esaminare la temperatura, si stabilisce un equilibrio di temperatura tra il termometro ed il corpo, e perciò il corpo cambia di temperatura o in eccesso o in difetto, e questo cambiamento è più grande per quanto è più piccolo il corpo; perciò la temperatura osservata sarà diversa dalla temperatura reale del corpo prima dell'esperimento, la qual differenza si minora impiegando un termometro con bulbo piccolissimo e con tubo stretto.

Vennero anche costruiti alcuni termometri metallici stabiliti sulla ineguale dilatazione che offrono due lamine metalliche, idea dovuta a Felter meccan.o di Brunswick. Dopo altre modificazioni i fratelli Breguet di Parigi perfezionarono dippiù questo strumento, e lo resero a forma di un orologio, servendosi di una spirale composta da due lamine una di platino e l'altra di argento saldate insieme.

159. Per le elevate temperature sono usati i termometri solidi detti comunemente pirometri. Bisogna convenire che finora manchiamo di strumenti che con precisione ci potessero marcare le temperature elevate; perciò è necessario abituarci a ben conoscere le apparenze diverse che manifestano le sostanze nel passaggio che fanno a diverse temperature, e a formarci un'idea preeisa delle espressioni usate dai chimici nell'indicare siffatti cangiamenti, desunte dal diverso colorito

e diversa densità di luce, che progressivamente manifestano: tali sono le espressioni di *rosso oscuro*, *rosso*, *rosso ceraso*, *giallo*, *bianco*, *bianco bluastro* ecc.

Il pirometro di Wedzevood fu in gran pregio un tempo per marcare le elevate temperature, sì pel facile suo uso, che per l'esattezza dei risultati, ed è fondato sulla proprietà che ha l'argilla di restringersi all'azione del calore; a tal effetto si formano alcuni cilindri di argilla cotta al calore del rosso incipiente, il di cui diametro entri appena nella parte più larga di un canale formato da due regoli di ottone della lunghezza di 12 centimetri divisa in 240 parti, avendo questo canaletto un suo estremo della larghezza di $12^1/_2{}^{m.}$, e che vada gradatamente restringendosi verso l'altro estremo, ch'è di $7^1/_2{}^{m.}$, e si noti zero nel principio della parte larga del canale e 240 nell'altro estremo; i cilindretti assoggettiti a diverse temperature si contraggono più o meno; queste contrazioni misurate sopra scala metallica, erano considerate proporzionali alla temperatura alla quale si erano assoggettite, e per conseguenza da servire come loro misura; ma il signor Iames Hall ha dimostrato che queste indicazioni sono erronee, dappoichè la stessa contrazione può esser prodotta sì da un calore lento e continuato, che da un calore forte e di breve durata; e qualora a questo inconveniente si potesse dar riparo tenendo conto del tempo impiegato per l'esperimento, pure vi resta l'altro, ed è che la restrizione delle diverse argille poste alla stessa temperatura è varia secondo le diverse mine da cui quelle si ricavano.

160. Il pirometro di Daniel è senza dubbio il migliore istrumento in questo genere. Le sue indicazioni sono prodotte dalla differenza di dilatazione tra una verga di platino ed un tubo di piombaggine che li serve di astuccio. Per valutare con precisione questa differenza, l'estremità della verga metallica dà moto ad un indice, che segna i gradi sopra un quadrante circolare. Questa graduazione, quantunque arbitraria, ha in ciascun istrumento un rapporto determinato colla scala

termometrica; pel raffreddamento ritorna l' indice alla posizione primitiva, e subitochè si assoggetti di bel nuovo alla stessa temperatura, come per esempio a quella della fusione del ferro, l'indice denota costantemente la stessa temperatura. L' inconveniente che presenta è quello di doverlo esporre in un focolaio bastantemente grande per assoggettire ad un ugual calore tutt'i punti dello strumento e deve dippiù esser garentito dal contatto del combustibile, e dalle sostanze metalliche; perciò non può immergersi in un orgiuolo per esaminarne la sua interna temperatura, e non è sempre adattabile ad un focolaio per valutarne le temperature successive; ma in tutte le circostanze che si può usare è preferibile a qualunque altro.

161. Un altro metodo venne anche indicato per misurare le altre temperature; il quale consiste nel rinchiudere l'aria in un cilindro, o in una sfera di platino di capacità conosciuta, munita di un rubinetto dello stesso metallo. Quando si espone questo strumento ad un'alta temperatura si raccoglie l'aria che n'esce e se ne determina il volume; dai dati che si hanno si conoscerà qual dilatazione ha sofferta l'aria rinchiusa nel vase metallico, e si giudicherà così del grado di calore a cui è stato assoggettito, giusta le cognizioni che abbiamo intorno alla dilatazione dell'aria per ciascun grado del termometro.

162. Oltre agli anzidetti strumenti, il signor Leslie per esperimenti delicati sul calorico raggiante, diede luogo alla costruzione di uno strumento che chiamò termometro differenziale. Esso consiste in un tubo orizzontale alle cui estremità sono saldati ad angolo retto due altri tubi di uguali altezze, terminati da due palle di vetro, come lo mostra la (Fig. 66). L'apparecchio è perfettamente chiuso e sottratto dall'influenza della pressione atmosferica; nella sua costruzione vi si introduce un acido solforico colorito col carminio, tanto da riempire il tubo orizzontale che una porzione di un tubo verticale. Per servirsi di questo strumento si osserva l'altezza dei liquidi in uno dei due tubi, qualora le palle sono alla stessa temperatura, assoggettando una di esse all'azione di una

temperatura differente, si osserverà l'innalzamento o abbassamento del liquido nel tubo opposto, che indicherà la variazione di temperatura. La scala ivi apposta è ordinariamente arbitraria, ma può essere rapportata dietro un seguito di sperimenti a quella di un termometro esatto.

163. Il Termoscopio di Rumford è conformato come il termometrò differenziale, non altro che le palle sono più distanti affinchè il calorico avesse azione esclusivamente su di una sola palla, ed è perciò che tra esse è situato un parafuoco di carta dorata; il liquido poi in vece di riempire tutto il tubo ne occupa un piccolo spazio, affine di riuscire più sensibile alle piccole impressioni di calorico, e l'aria dilatandosi in una delle due palle, spinge il liquido verso l'altra; talmentechè sarà così al caso di scoprire le picciolissime differenze di temperatura. Vedi la (Fig. 67).

Della diversa capacità de' corpi pel calorico o del calorico specifico.

164. Trattando della propagazione e comunicazione del calorico abbiamo esaminato l'accrescimento e diminuzione di temperatura; è necessario ora conoscere qual rapporto vi sia tra queste variazioni e le quantità assolute di calorico assorbite o emesse dai corpi.

Il celebre Black nelle sue lezioni verso il 1760 diede la prima idea, che diversi corpi quantunque esposti alla stessa temperatura contenevano diverse quantità di calorico; ed i signor Vilke fisico svedese nell'anno 1772 lo dimostrò con i seguenti sperimenti. Unendo una libbra di acqua a 0° con una libbra di acqua ad un'altra temperatura, per esempio a 36° si ha dopo l'unione la temperatura di 18°, val quanto dire la quantità di calorico nella libbra di acqua a 36° si è ripartita sulla libbra di acqua a 0° ed ha prodotto la temperatura media, ma se in una libbra di acqua a 0° vi s'introduca una libbra di metallo a 36° dietrochè l'equilibrio si sarà stabi-

lito, si avrà una temperatura molto più bassa della temperatura media. Di fatti se il metallo introdotto fosse una libbra di ferro, stabilito l'equilibrio, si osserverà la temperatura di 4°. Or supposto che sieno state prese in questo sperimento tutte le precauzioni per impedire la minima perdita di calorico, è chiaro che il calorico perduto dal ferro è stato impiegato per aumentare la temperatura dell'acqua, e siccome il ferro dalla temperatura di 36° è stato ridotto a quella di 4°, perciò ha perduto 32° di temperatura, i quali tutti sono stati impiegati per aumentare la temperatura dell'acqua di soli 4°; dal che si conchiude che quella quantità di calorico che apportava al ferro la temperatura di 32° ha prodotto nell'acqua una temperatura di quattro gradi; e perciò la quantità di calorico che bisogna all'acqua per aumentare di un grado la sua temperatura sta alla quantità di calorico, che bisogna al ferro per aumentare anche di un grado la sua temperatura, come 32 : 4 ovvero come 8 : 1. La quantità di calorico, che bisogna ad una unità di peso di un dato corpo per aumentare di un grado la sua temperatura, si chiama calorico specifico o proprio, ovvero sua capacità pel calorico; e queste quantità di calorico per ciascun corpo possono determinarsi mediante sperimenti simili a quelli descritti, e con altri metodi che in seguito indicheremo. Così presa per unità la quantità di calorico capace di cambiare di un grado la temperatura di una libbra di acqua a cui si rapportano le quantità di calorico necessarie per aumentare di un grado la temperatura dei corpi di simile peso, il calorico specifico di questi corpi potrà essere rappresentato da un rotto, in cui il numeratore è il numero dei gradi di cui l'acqua ha cambiato di temperatura, e il denominatore è il numero dei gradi di cui ha variato la temperatura del corpo immerso. Di fatti nell'esperimento precedente il calorico specifico del ferro è uguale a $^4/_{32} = {}^1/_8 =$ 0. 125.

165. Black, Vilke, Crauford e diversi altri Fisici con questo metodo hanno determinato il calorico specifico di diversi

corpi. Pure in molte circostanze questo metodo non può essere impiegato; e i suoi risultati sono d'ordinario inesatti per la dispersione di una porzione di calorico, prodotta dalla conducibilità de'vasi, e dall'aria. Lavoisier e Laplace hanno inventato un apparecchio da allontanare questo inconveniente, che hanno chiamato *calorimetro*. Esso consiste in due vasi metallici DCBA, ed EFGH simili di forma, contenuti l'uno nell'altro, come trovasi espresso nella (Fig. 68), mantenuti ad una certa distanza tra loro da fili metallici; nel mezzo vi è sospeso altro vase cba formato da tessuto metallico. Lo spazio interposto tra il vase DCBA, e EFGH si riempie di neve granita uniformemente per tutta la sua estensione onde mantenere l'interno dell'apparecchio alla temperatura di zero, e impedire che la temperatura dell'atmosfera vi avesse influenza; questo vase è fornito nel basso di un rubinetto m per dare scolo all'acqua. Ugualmente lo spazio interposto tra il vase EFGH e il vase cba formato da tessuto metallico si riempie di neve sminuzzata, ed esso ha anche nel basso un rubinetto L per dare uscita alla neve liquefatta. Ad impedire l'influenza dell'aria esteriore nell'interno dell'apparecchio, si chiuda l'apertura superiore mediante un coperchio. Accomodato così l'apparecchio, quando il suo interno si trova alla temperatura di zero si sospende nel vase cba un corpo la cui temperatura sia al di sopra di zero; questo corpo si raffredderà gradatamente, e il suo calorico s'impiegherà a fondere le neve che circonda il vase cba, e produrrà una certa quantità di acqua che gocciolerà pel rubinetto inferiore L, e si raccoglierà in bottiglia per esser pesata esattamente; dal cui peso si dedurrà la quantità di calorico emessa dal corpo nel passare dalla temperatura in cui si trovava prima dell'esperimento, fino a zero a cui trovasi ridotto dietro lo sperimento.

Quest'apparecchio è fondato sul principio che la quantità di calorico necessaria per fondere un peso determinato di neve è sempre costante, e da ripetuti sperimenti si conosce, che

nel passaggio di un dato peso di ghiaccio allo stato liquido assorbisce esso tanto calorico per quanto ne bisogna alla stessa quantità di acqua liquida per passare dalla temperatura di zero a quella di 60° di Reaumur, o a quella di 75° centigradi; e questo risultato, preso per unità, è quello a cui si riferiscono tutti gli altri. Bisognerà dunque cercare quando ghiaccio fonde un peso simile a quello del corpo sottomesso all'esperienza, per esempio di una libbra, affinchè passi dal grado 75 centigrado allo zero. A tale oggetto si divida la quantità di acqua fusa pel peso del corpo sottomesso alla sperienza, il quoziente si divida pel numero dei gradi di temperatura del corpo superiore allo zero, e questo quoziente si moltiplica per 75; il prodotto esprimerà la quantità di ghiaccio che, una quantità di esso corpo del peso di una libbra potrà fondere passando dal grado 75 allo zero, ovvero il calorico specifico di una data massa.

Così per esempio se si opera sopra 17 libbre di ferro a 100° si ottengono libbre due e mezzo di acqua colata dal ghiacchio, onde si avrà la proporzione $17 : 2\,^1/_2 = 1 : x$, ch'è lo stesso dividere $2\,^1/_2$ per $17 = 0.147$. Si divide poi il quoziente 0. 147 per 100°, e si moltiplichi per 75 il nuovo quoziente, il prodotto 0. 11 di libbra indicherà che la capacità dell'acqua sta a quella del ferro come $^1/_{75} : {}^{0.11}/_{75} = 0.0133 : 0.00147$; ossia che la capacità di calorico dell'acqua sta a quella del ferro come 9 : 1.

La tavola seguente indica la capacità pel calorico di diverse sostanze paragonate a quella dell'acqua.

Tavola del calorico specifico di alcune sostanze paragonato a quellò dell'acqua preso per unità.

SECONDO LAVOISIER E LA PLACE		SECONDO PETIT E DULONG COL METODO DEL RAFFR:	
Acqua	1. 0000	Acqua	1· 0000
Solfo	0. 2085	Bismuto	0. 0288
Ferro battuto	0. 1105	Piombo	0. 0293
Stagno	0. 0475	Oro	0. 0298
Piombo	0. 0282	Platino	0. 0314
Mercurio	0. 0290	Stagno	0. 0514
Ossido rosso di mercurio	0. 0501	Argento	0. 0557
Minio	0. 0623	Zinco	0. 0927
Calce viva	0. 2169	Telluro	0. 0912
Vetro senza piombo	0· 1929	Rame	0. 0959
Acido nitrico (ad 1. 298)	0. 6614	Nichelio	0. 1035
Acido solforico (ad 1. 87)	0. 3346	Ferro	0. 1100
Quattro di acido solforico con 5 di acqua	0. 6031	Cobalto	0. 1498
Soluzione di nitro, nitro 1 acqua 8	0. 8187	Solfo	0. 1880
Olio di oliva	0. 3096		

I liquidi ed i corpi che esercitano un'azione sul ghiaccio come gli acidi, i sali, gli alcali ecc. bisogna chiuderli in un vase, del quale con esperienza siasi conosciuta la quantità di ghiaccio ch'è capace di fondere isolatamente.

Tavola del calorico specifico di diversi corpi secondo Clement, e Desormes.			
SOLIDI		**LIQUIDI**	
Ghiaccio	750	Acqua	1000
Antimonio	51	Alcool	640
Argento	56	Olio	500
Rame	95	Sangue	1000
Stagno	95	Latte	1000
Ferro, Ghisa, Acciaio.	112	Mercurio	31
Ottone	90	Acido solforico	340
Oro	30	Acido nitrico(1335)	570
Piombo	31	Acido idro-clorico 1120	680
Zinco	92	Soluzione di nitro saturata	646
Solfo	188	Aria atmosferica.	250
Vetro	174		
Mattoni	450		
Legno	500		
Fibrina	740		

Da questa tavola si vede che per innalzare di uno stesso numero di gradi la medesima quantità di olio e di acqua occorrerà la metà di calorico per l'olio di quello per l'acqua; che relativamente al rame, all'argento, all'ottone, allo stagno, occorrerebbe meno della decima parte del calorico necessario all'acqua; e per l'oro, pel piombo, pel mercurio all'incirca tre soli centesimi.

I rapporti di questa tavola possono servire immediatamente a trasportare i valori numerici del calorico dall'una all'altra di queste sostanze, così l'abbassamento di un grado della temperatura del mercurio non riscalda un uguale quantità di acqua che di 0°. 029; una stessa quantità di stagno abbassandosi di un grado, innalzerebbe la temperatura della stessa quantità di acqua di 0°. 04754; dal che ne segue che il calore sviluppato da una massa di mercurio che si raffredda di

un grado eleverebbe la temperatura di un'uguale quantità di stagno di $\frac{0^{c}.\ 029}{0^{c}.\ 04754}=0^{o}.\ 61$, val quanto dire che la quantità di calore capace a riscaldare il mercurio di 100° non riscalderebbe lo stagno che di soli 61°.

Il calorimetro non solo può servire a determinare il calorico specifico de'corpi, ma ancora la quantità di calorico relativa che si svolge durante l'azione reciproca de'corpi solidi e liquidi, la combustione dei corpi, la respirazione degli animali, ecc.

166. Dulong e Petit si servirono di altro metodo per valutare il calorico specifico dei corpi, fondato sul principio che i corpi in un dato mezzo si raffreddano tanto più tardi che il loro calorico specifico è più considerabile; poste tutte le circostanze uguali. Questo metodo consiste dunque nell'osservare i tempi che impiegano i differenti corpi sotto lo stesso volume, e condotti alla stessa temperatura per raffreddarsi di un ugual numero di gradi. Dippiù bisogna aver l'attenzione di dare alle superficie de'corpi la stessa forza raggiante; perciò i corpi si rinchiudono in vasi di lamine sottilissime di argento o di rame di forma cilindrica puliti al di fuori, nel cui asse è situato un termometro in modo che la graduazione esca al di fuori per un buco praticato nel coverchio del cilindro. Il corpo di cui si vuol conoscere il calorico specifico o è liquido, o se è solido si riduca in polvere, e s'introduca nel cilindro facendo sì che la bolla del termometro ne sia inviluppata. Quest'apparecchio ha il vantaggio d'avere una superficie ch'è sempre della stessa estensione, ed è costantemente della stessa forza raggiante. Si riscalda il cilindro, e si situa sotto un recipiente nel quale si possa fare il vuoto; quando è raffreddato di tanto che il termometro indichi una temperatura di dieci gradi superiore a quella del luogo in cui si fa l'esperienza, si marca questo grado, e si tenghi conto del tempo di cui il cilindro ha bisogno per discendere ad una temperatura che non superi quella dell'aria li-

bera che di cinque gradi. Il cilindro, sì perchè situato nel vuoto, che per la levigatezza della sua superficie, lascia scappare poco calorico raggiante, e il tempo che impiega a raffreddarsi è più lungo, e perciò i risultati sono più esatti. Se si vogliono paragonare le quantità di calorico specifico di due corpi nello stato solido, per esempio del ferro e dello stagno, si possono formare con queste sostanze alcuni cilindri uguali in volume, ed osservare il tempo del raffreddamento; e siccome due metalli ancorchè ugualmente puliti hanno il potere raggiante ineguale, così bisogna cercare di darli la medesima superficie, seguendo un metodo proposto dal signor Despretz. Si osservi il raffreddamento dei due cilindri sospesi nell'aria con fili di seta, tenendo conto del tempo; si coprino quindi i cilindri con uno strato di vernice, si osservi di nuovo, si ricoprono di altro strato di vernice, e così di seguito; nel qual caso ciascuno dei due corpi deve emettere la stessa quantità di calorico in tempi uguali. E poichè le superficie, l'eccesso di temperatura su quella del mezzo, i volumi, sono cose tutte perfettamente simili; le quantità totali di calorico che avranno abbandonato i due corpi saranno dunque nel rapporto de'tempi. Or per un intervallo dato di temperatura la quantità di calorico che abbandona un corpo è proporzionale alla sua massa e al suo calorico specifico, dunque se M ed M' dinotino le masse, C e C' il calorico specifico di ciascuno di essi, T e T' i tempi dei raffreddamenti, t-t' l'abbassamento di temperatura; si avrà così MC (t-t'), e M'C' (t-t') per le espressioni della quantità di calorico perduti, e conseguentemente MC: M'C'=T: T'.

Dulong e Petit trovarono dippiù che il calorico specifico cresce colla temperatura. Così quello del ferro, dietro i termini medii che si hanno dalle loro esperienze è=0.1098 fra 0° e+ 100°;=0.1150 fra 0° e + 200°;=0.1218 fra 0° e + 300°; finalmente = 0.1255 fra 0° e + 250.° La tavola seguente dà altri esempi.

Calorico specifico medio		
	fra 0° e 300	fra 0° e 100
Mercurio.	0. 0330	0. 0350
Zinco	0. 0927	0. 1015
Antimonio	0. 0507	0. 0549
Argento..........	0. 0557	0. 0611
Rame............	0. 0949	0. 1013
Platino	0. 0335	0. 0355
Vetro......	0. 177	0. 190

Gli stessi Fisici hanno fatto una considerazione importantissima, che il prodotto della capacità di calorico di un corpo semplice pel peso del suo atomo dà un numero costante, pochissimo differente da 0.375. Dal che risulta che le capacità de' corpi semplici pel calorico sono in ragione inversa dei pesi de' loro atomi. I risultamenti delle esperienze de' signori Laroche e Berard su i gas sono in corrispondenza di questa legge.

167. La determinazione del calorico specifico dei gas presenta molte difficoltà, talmentechè i risultati ottenuti dai diversi Fisici non sono punto d'accordo. Quelli dei signori Laroche e Berard non ostante eseguiti con quella sagacità che caratterizza i travagli di questi valenti Fisici, pure non sono che l'espressione di un fenomeno composto cumulando il calorico ottenuto pel raffreddamento e quello prodotto dalla condensazione del gas; vi è dippiù che i gas su cui hanno operato non sono stati purgati dai vapori acquosi. Non ostante ciò non avendone altri di maggior precisione li esporremo nella seguente tavola.

NOMI DEI GAS	A VOLUMI UGUALI	A QUASI UGUALI	Prop. al ca. specifico dell'acqua
Acqua	......	......	1. 0000
Aria atmosferica	1. 0000	1. 0000	0. 2669
Idrigeno	0. 9033	12. 3401	3. 2936
Ossigeno	0. 9765	0. 8848	0. 2361
Azoto	1. 0000	1. 0318	0. 2734
Acido carbonico	1. 2588	0. 8280	0. 2210
Deu-ossido d'azoto	1. 3503	0. 8878	0. 2369
Ossido di carbone	1. 0340	1. 0805	0. 2884
Gas	1. 5530	1. 5763	0. 4207
Giapone acquoso	1. 9600	3. 1360	0. 8470

Della produzione del calore e del freddo.

168. I raggi solari ci danno il calore naturale poichè la superficie della Terra è fredda per se stessa, e il calorico le viene dai raggi solari che penetrano ad una maggiore o minor profondità nella massa terrestre, cosicchè se il sole cessasse di risplendere la Terra si raffredderebbe in breve e forse anche al di sotto della temparatura de'suoi poli, perdendo progressivamente, durante il suo corso, quello che avrebbe acquistato. Il moto di rotazione terrestre presentando al Sole le diverse parti della superficie di quella è cagione così della diversa temperatura che osserviamo tra il giorno e la notte, e l'altro moto di rivoluzione è cagione della state e del verno. Noi ignoriamo se la Terra sia più calda internamente o alla sua superficie, nè gli sperimenti su di ciò sono stati uniformi di resultati. Misurando la temperatura a diverse altezze, e indi nei siti più profondi del mare si è trovato che questa andava scemando colla profondità, talmentechè alla massima profondità si trova l'acqua ad uno o due gradi sopra zero. Al contrario le cave delle diverse miniere tanto di Europa che

di America c'istruiscono che il calore aumenta colla profondità, e che sembra crescere di un grado centigrado per ogni 32 metri di profondità, il che mostra indicare che la Terra abbia una temperatura molto elevata verso il suo centro, e che potrebbe essere incandescendente alla profondità di 36000 piedi. Oltre a ciò vi sono ragioni per credere che questo nostro pianeta sia stato un tempo molto più caldo alla sua superficie che non lo fosse ora, in appoggio di che la Geologia ci fornisce argomenti solidissimi; e che la terra poi con lo andar del tempo perdendo una quantità di calorico dalla superficie abbia potuto rimanere questo sepolto nell'interno di essa d'onde si volge con somma lentezza. Il raffreddamento delle acque nelle grandi profondità può ricevere dimostrazione da non presentare alcun'ostacolo a questa ipotesi, giusta quello che abbiamo detto parlando della propagazione del calorico nei liquidi; cioè che l'acqua fredda delle regioni fredde si precipita pel maggior peso specifico nel fondo dei bacini, e all'opposto l'acqua calda ascende alla superficie delle acque.

L'azione calorifica dei raggi solari può aumentarsi coll'aiuto dei vetri o delle lenti ardenti, o degli specchi concavi, accumulandosi una quantità di raggi solari come diremo nel trattato della luce parlando delle conformazioni di siffatti raggi.

169. Fra i mezzi atti a procacciarci il calore artificiale metteremo in primo luogo la combustione, perchè il più usuale e più comodo a praticarsi. La combustione è una chimica operazione mediante la quale ci procuriamo il calore per le arti, e per l'economia domestica: il come applicare e disporre questo calorico nel modo più utile ed economico spetta alla chimica applicata e i principii teoretici di cotesta applicazione trovansi diffusi nelle esposte teoriche. Questo argomento è di tanta importanza, da interessare non solo gli industriosi, e l'economia domestica delle famiglie, ma anche

la pubblica economia, avendo riguardo al numerario che annualmente si estrae per tal cagione.

Molte altre chimiche combinazioni sono atte a procurarci il calorico potendo a ciò attribuirsi la minor capacità di calorico del composto in relazione a quella dei componenti; questa cagione per altro non deve essere la sola, poichè in diverse combinazioni in cui si sviluppa calorico, si è osservato che la capacità di calorico del composto è uguale alla capacità di calorico dei componenti; la densità maggiore del composto su quella dei componenti, ed il passaggio o dallo stato liquido a quello di solidità, o dallo stato gassoso a quello di liquidità possono anche mettere una quantità di calorico nello stato di libertà.

170. L'attrito, la compressione, le percosse sono mezzi che ugualmente producono calore. Si sa che lo strofinio rapido di due pezzi di legno apporta ordinariamente riscaldamento, che talune volte si avvanza tanto da produrne l'accensione, che la compressione forte e rapida può accendere certi corpi infiammabili: così con alcuni colpi di stantuffo in un fucile ad aria, dati con rapidità si perviene ad accendere l'esca, il cotone, il gas idrogeno posti al di sotto lo stantuffo; similmente percuotendo con un martello, ripetute volte un chiodo si riscalda sì il martello che il chiodo, e secondo Davy due pezzi di ghiaccio stropicciati tra loro in un'atmosfera al di sotto di zero, si fondono pel calore prodotto dallo strofinio.

171. Per la produzione del freddo si conoscono molti mezzi; essa dipende dal passaggio sollecito dei corpi dallo stato di solidità a quello di liquidità, o da quello di liquidità allo stato aeriforme.

Noi abbiamo detto che i corpi solidi per passare allo stato liquido hanno bisogno una quantità di calorico più o meno grande; perciò la fusione di un corpo non può aver luogo senza l'assorbimento di una quantità di calorico più o meno considerevole. Or dunque se per una qualunque ca-

gione, diversa da quella di una somministrazione diretta di calorico, si effettui la fusione di un corpo solido, il corpo deve necessariamente assorbire dai corpi circostanti la quantità di calorico necessaria alla sua fusione, e conseguentemente in questi facendosi una sottrazione di calorico vi deve essere produzione di freddo; questo freddo è più indenso in corrispondenza della prontezza con cui si opera la fusione del solido, e della quantità maggiore di calorico che necessita per la sua fusione. Su questo principio sono dettate una quantità di miscele frigorifere.

Quando si mesce la neve con un sale secco che abbia molta affinità per l'acqua, dall'azione scambievole di questi due corpi si ha una soluzione salina, e liquefacendosi l'uno e l'altro assorbiscono tanto calorico dai corpi circostanti che ne risulta un freddo di molti gradi. Quanto piú il sale ha affinità per l'acqua, tanto più rapidamente si fondono la sostanza salina e la neve, e perciò più indenso è il freddo che si produce. Perciò tutti quei sali che assorbiscono con avidità l'umido atmosferico e si liquefanno producono un freddo considerabile tostochè si uniscono colla neve.

172. La miscela frigorifera la più comunemente usata, perchè la più economica, è quella di sale comune e neve, conosciutissima ne'nostri riposti. La miglior maniera peraltro di produrre un freddo artificiale si è di prendere il muriato di calce ben secco polverizzato sottilissimamente e stacciato, mescerlo con la metà, con i due terzi, o al più con ugual peso di neve, metterlo a piccoli strati soprapposti alternativamente l'uno all'altro intorno al vase che contiene la sostanza da gelarsi. A questo modo si è pervenuto a solidificare il mercurio, a far cristallizzare l'ammoniaca liquida, l'etere ec.

Così pure l'unione di cinque parti di sale ammoniaco sottilmente polverizzato, di altrettanto nitro ugualmente polverizzato su cui si versano sedici parti di acqua allora tratta dal pozzo, si ha una temperatura di — 12°.

Lo stesso si ha mescolando insieme 10 parti di nitro, 32

di sale ammoniaco; e 32 di muriato di calce il tutto sottilmente polverizzato su cui si versa il quadruplo del loro peso di acqua; e si può ottenere un grado di freddo più denso polverizzando 9 parti di fosfato di soda cristallizzato disciolte in quattro parti di acqua forte e così la temperatura del miscuglio potrà discendere dai $+10°$ fino a $-24°$.

Si può produrre anche il freddo coll'evaporazione dei liquidi volatili: così fatto gocciolare alquanto etere sul bulbo di un termometro, il mercurio in esso discende rapidamente; e quando l'istrumento è sospeso a un filo in un corso di aria, o pure vi si soffii sopra con un soffietto, il mercurio potrà discendere fino allo zero, poichè la rinnovazione dell'aria aumenta la volatilizzazione dell'etere.

Si otterrà l'acqua fredda, se rinchiudesi in vasi di argilla porosi attraverso de' quali l'acqua trasuda da ogni parte, e situati questi all'ombra di una corrente di aria la più rapida, e la meno calda che si possa avere; l'evaporazione dell'acqua che trasuda dal vase accelerata dalla continua rinnovazione dell'aria intorno al vase, produce nel liquido contenutovi un grande abbassamento di temperatura. Parimente possono rinfrescarsi i vini e i liquori in bottiglie inviluppandoli in lini bagnati, e assoggettandoli a una corrente rapidissima di aria operata da un ventilatoio ordinario.

173. Leslie ha immaginato un metodo col quale si produce un freddo rapidissimo mercè l'evaporazione nel vuoto. Si pone sotto il recipiente di una buona macchina pneumatica un vase largo contenente acido solforico concentrato, ed alcuni pollici al di sopra di esso un bicchierino con un oncia e mezzo di acqua. Dopo ciò si estrae l'aria dal recipiente, porzione dell' acqua si converte in gas ed occupa il recipiente, ma l'acido solforico concentrato ha tanta affinità per l'acqua, che converte il gas acqueo in liquido immediatamente e lo assorbe talmentechè vuotato il recipiente si rinnova la evaporazione dell'acqua ch'è di bel nuovo assorbita dall'acido; in tal modo l'evaporazione viene attivata di tanto

da produrre un freddo da far solidificare la restante porzione di acqua nel bicchiere. L'acido solforico si riscalda sì per effetto della combinazione coll'acqua, che pel calorico che abbandonano i vapori acquosi. All'acido solforico può sostituirsi qualunque altro corpo capace di assorbire rapidamente l'umidità, come il muriato o nitrato di calce, la potassa caustica, la farina di avena ec. Questo risultato si ha qualora la macchina agisce bene.

Lo stesso Leslie rapporta che quando si riveste di cotone inzuppato di etere il bulbo di un termometro disceso a zero, posto sotto la campana della macchina pneumatica, fatto il vuoto con sollecitudine, si produce un freddo da solidificare il mercurio del termometro.

Bussy ha prodotto freddi considerabilissimi coll'evaporazione di un liquido volatilissimo, come è l'acido solforoso, ch'è liquido alla temperatura di — 18° e alla pressione ordinaria, e bolle a quella di — 10°. Il mercurio si congela in alcuni istanti se si riveste il bulbo del termometro di cotone imbevuto nell'acido solforoso liquido. Il termometro a spirito di vino discende alla temperatura di — 57° all'aria libera, e fino a — 68° sotto il recipiente della macchina pneumatica. A simili gradi di freddo molti gas coercibili passano nella forma liquida, e colla volatilizzazione di questi si ha un abbassamento di temperatura molto più considerevole.

CAPITOLO II.

DELLA LUCE.

174. La luce è quel mezzo di cui la natura si serve per farci conoscere gli oggetti situati al di là dell'impero del tatto. Le nostre idee sarebbero molto limitate col semplice soccorso del tatto; la vista sublima le nostre facoltà alla considerazione di ciò ch'è dentro e fuori del nostro globo, e le fa penetrare negli spazi immensi della creazione. Ciò non basta, l'in-

gegno umano ha trionfato maggiormente con estendere questo potere mercè l'arte, al di là dei limiti assegnabili dalla Natura; pruova di ciò ne sono i progressi fatti dall'Astronomia, dalla Nautica, dalla Storia naturale, quasi tutti coll'aiuto degli strumenti ottici.

Noi divideremo lo studio della luce in due parti: nella prima brevemente esamineremo la luce producente i fenomeni della visione, e nella seconda ci occuperemo della sua azione nell'operare i cangiamenti chimici.

Della luce nel produrre i fenomeni della visione.

175. Due ipotesi sono state imaginate per dimostrare i fenomeni luminosi; una fu pensata da Cartesio e da Eulero, e l'altra de Newton. I primi supposero un fluido impercettibile sparso nell'Universo, penetrante per dovunque, che nello stato di quiete non è ravvisabile da'nostri sensi, al quale diedero il nome di etere: esso è posto in movimento ondulatorio dalla presenza di un corpo luminoso, rassomigliando questo movimento alle ondulazioni aeree prodotte dall'azione di un corpo sonoro, o alle onde prodotte nell'acqua da una pietra che vi si getti. Questa ipotesi fu distinta col nome di teorica delle ondulazioni, e soddisfa meglio della Newtoniana alla dimostrazione de'fenomeni puramente meccanici, ma è meno soddisfacente per quella della scomposizione della luce; per l'altra poi, cioè degli effetti chimici della luce si trova quasichè insufficiente.

Newton suppose che la luce fosse una sostanza che continuamente si distacchi dal Solė e dai corpi luminosi, e perciò il suo sistema fu distinto col nome di sistema di emissione, o di emanazione. Contro questa ipotesi si è detto, che il Sole emettendo continuamente dalla sua massa, dovrebbe osservarsi una certa minorazione nel suo volume, che non si ravvisa punto. Ma sebbene possa esser fattibile che la massa del Sole diminuisca senza che questa perdita divenga per noi

sensibile; attesa la corta distanza tra le nostre osservazioni, pure vi è altra ragione più potente, ed è che la luce assorbita da'corpi dotati di siffatta proprietà non apporta in essi alcun aumento, ancorchè esaminati co'strumenti delicatissimi.

176. Tra i corpi alcuni spandono luce propria, come il Sole e le stelle fisse, e questi son detti luminosi per sè stessi; altri tramandano la luce che hanno ricevuta dai primi e diconsi illuminati. Taluni poi sono attraversati dalla luce, come i gas molti liquidi, l'acqua, e certi diversi solidi come il vetro, e questi sono chiamati trasparenti; altri finalmente perchè non danno libero passaggio alla luce si dicono corpi opachi. Un corpo opaco messo alla presenza di un corpo luminoso non può essere rischiarato che da quella parte rivolta verso il corpo luminoso, poichè la impenetrabilità dell'opaco impedisce che i raggi che vi si sono imbattuti proseguissero il loro cammino per illuminare quella parte posta contro la luce; questa porzione priva di luce diretta chiamasi ombra. L'ombra è modificata dalle dimenzioni, dalla forma, e dalla posizione sì del corpo luminoso, che del corpo opaco. Quell'intermezzo tra la luce e l'ombra che non è perfettamente rischiarata, nè ombra perfetta, chiamasi penombra. I corpi luminosi e gl'illuminati irraggiano dai diversi punti della loro superficie una luce che si diffonde nello spazio per tante linee rette, che son dette raggi. Un raggio di luce, secondo Cartesio è un filo di molecole i cui movimenti consistono in picciolissime oscillazioni che si ripetono continuamente; e secondo Newton è un filo di molecole che hanno un movimento di trasporto e si succedono senza interruzione.

Un raggio di luce percorre un sentiero rettilineo quando attraversa mezzi omogenei e della stessa densità, e lo sviluppo dei fenomeni a cui dà luogo forma lo studio di quella parte del trattato della luce che chiamasi ottica. Quando poi il raggio di luce entra in mezzi trasparenti di densità diverse, o proprietà materiali diverse, devia dal sentiero rettilineo; questa deviazione chiamasi refrazione, e la diottrica determi-

na le leggi de'fenomeni di quella. Finalmente se il raggio imbatte in una superficie pulita e levigata di un corpo opaco esso vien reflesso in una direzione determinata, e la catottrica ne esamina le leggi; e se il corpo non è trasparente, nè levigato, succede un indebolimento più o meno della luce; indebolimento prodotto sì dalla dispersione de'raggi luminosi, che dal maggiore o minore assorbimento che farà il corpo, di una porzione di siffatti raggi, giusta la propria natura.

Dell'ottica.

177. La prima legge che regola i movimenti della luce è la seguente. In un mezzo trasparente di materia omogenea e della stessa densità la trasmissione della luce si esegue in linea retta. Di ciò possiamo convincercene facilmente, considerando che ci riesce difficile vedere un corpo se nella linea retta tirata trà l'occhio e il corpo si rattrova situato un corpo opaco, come pure se si pratichi una piccola apertura, nella chiusura di una stanza oscura, in modo da farvi penetrare un raggio di luce; questo rischiarerà gli oggetti che trova nell'aria lungo il suo passaggio dando luogo ad una striscia brillante rettilinea.

178. Keplero credè che la trasmissione della luce fosse istantanea, vale a dire che la sua velocità fosse incommensurabile, e Galileo fu il primo che cercò di misurarla; ma perchè faceva percorrere alla luce un intervallo molto limitato, le ricerche sue furono senza successo; viceversa le osservazioni astronomiche offrono le vie di misurarla con molta precisione. La prima applicazione è dovuta a Roemer e Cassini nelle osservazioni degli ecclissi del primo satellite di Giove; questo pianeta avendo un diametro più piccolo di quello del Sole, il cerchio che limita la parte illuminata dalla parte oscura è la base di un ombra conica situata verso quest' ultima parte. I satelliti girando intorno al pianeta entrano in questo

cono, si ecclissano, e non sono più visibili pel tempo che stanno nel cono di ombra, ma ricompariscono al momento che ne escono. Supponiamo che la Terra si trovasse in congiunzione tra il Sole e Giove, come l'indica la (Fig. 69); si osserverà che la distanza tra la fine di un ecclisse e quella dell'altra susseguente cioè del primo al secondo satellite è di circa 42 ore e mezzo. La Terra percorrendo la sua orbita, ed essendo il suo movimento più veloce di quello di Giove, giunge in un punto in cui il Sole trovasi posto tra la Terra e Giove. Or in questa posizione se la velocità della luce fosse infinita un osservatore dovrebbe vedere uscire il primo satellite dal cono di ombra a capo di un certo numero di volte 42 ore e mezzo per quante volte si è ecclissato dal tempo della prima osservazione, ma non succede così, e l'osservatore vede la fine di quest'ecclisse 16′, 26″ più tardi. Adunque se la differenza in lunghezza tra le distanze delle due osservazioni, essendo quella del diametro dell'orbita della Terra ch'è di 68 a 69 milioni di leghe; si conchiude che la luce nel percorrere questa lunghezza impieghi 16′, 26″, e perciò ha una velocità di 70,000 leghe per ogni secondo, e per giungere dal Sole a noi impiega 8′, 13″.

179. La densità della luce decresce nella ragione dei quadrati delle distanze. Di questa legge possiamo convincercene, situando un corpo raggiante successivamente nei centri di due sfere, i cui diametri sieno nel rapporto di 1 : 2; la stessa quantità di luce sarà ricevuta dalla superficie della sfera più piccola, che dalla superficie della sfera più grande ch'è quadrupla di quella della più piccola; perciò la densità di luce della superficie sferica più piccola è quadrupla della densità di luce della superficie sferica più grande; dal che risulta che la densità di luce decresce nella ragione del quadrato di 1 al quadrato di 2.

La densità di luce dipende ancora dall'inclinazione della superficie colla direzione dei raggi: di fatti le superficie BE e CB (Fig. 70) saranno vedute dal punto H o dal punto L

con la stessa densità di luce, tuttochè l'estensione della superficie BC fosse maggiore di quella della superficie BE, nel rapporto della linea BC alla linea BE, o come il seno dell'angolo BEC al seno dell'angolo BCE; or ravvisandosi queste superficie ugualmente luminose, ne risulta che le densità di luce di queste superficie sono nella ragione inversa dei seni degli angoli BEC e BCE. Perciò resta dimostrato che la densità della luce emessa da una superficie in una direzione data è proporzionale ai seni degli angoli formati dalle superficie colle direzioni dei raggi.

Oltre alle anzidette due cagioni, la luce può indebolirsi pel passaggio attraverso de' mezzi diafani; in effetti la luce degli oggetti veduti ad una gran distanza nell'aria è poco viva, e secondo le osservazioni di Bouguer la luce attraversando un intervallo di tre leghe e un quarto, nell' aria, diminuisce di un terzo della sua densità; e questo decrescimento si fa sentire molto più nei mezzi liquidi e solidi. Si conosce, che a gran profondità, il fondo del mare è quasi completamente privo di luce, e che il cristallo il più netto, ma di alcuni pollici di spessezza, sembra opaco. Dai risultati ottenuti dai signori Bouguer e Lacaille la densità della luce decresce in progressione geometrica attraversando mezzi di densità uniforme, qualora la spessezza dei mezzi cresce in proporzione aritmetica.

180. Diverse vie sono state indicate per paragonare le densità di due lumi: noi ne esporremo due, una proposta dal signor Bouguer, e l'altra da Rumford. La prima consiste nel praticare in un cartone due aperture, e su ciascuna incollarci un pezzo sottilissimo di carta oliata, e frapponendo un altro cartone tra le due aperture, per impedire l'irraggiamento scambievole tra le due luci. Indi situate avanti al cartone due luci ciascuna in corrispondenza di una apertura, si ravvicina o si scosta una di esse dall'apertura fino a che guardando dalla parte opposta, si osservino rischiarate ugualmente le due aperture. Or essendo la densità della luce nella ragione

inversa dei quadrati delle distanze, se D e d indichino le distanze, ed I ed i le loro densità; si avrà $\frac{I}{D^2}=\frac{i}{d^2}$ ed $\frac{I}{i}=\frac{D^2}{d^2}$;
e perciò $I : i = D^2 : d^2$ val quanto dire il rapporto delle densità è uguale a quello de'quadrati delle rispettive distanze, ed essendo conosciuta questa ragione; si saprà ancora l'altra delle densità delle due luci.

Rumford ha proposto un'altra via, che consiste a situare a distanza conveniente da ciascuna luce un corpo opaco, che getti ombra sopra un quadro trasparente: disposte poi le due luci in modo per rapporto al corpo opaco, che le due ombre sieno uguali in densità; la ragione delle densità di luce si troverà benanche dal rapporto dei quadrati delle loro distanze rispettive, come nel processo precedente. Questo processo è generalmente preferito al primo, perchè si crede più facile valutare l'uguaglianza di due ombre, che di due luci.

Della diottrica

181. Quando un raggio di luce penetra in mezzi (1) trasparenti di densità diverse subisce un deviamento di direzione passando nel secondo mezzo, purchè incontra obliquamente la superficie di questo, un tal deviamento chiamasi refrazione; e non soffrirà alterazione alcuna nel suo corso se incontra quella superficie perpendicolarmente. Il punto pel quale la luce entra nel secondo mezzo chiamasi punto d'incidenza o d'immersione, e quello pel quale spiccasi punto di emergenza.

Or nell'incontro obliquo: se nel punto d'incidenza del secondo mezzo s'innalzi una perpendicolare al suo piano, il raggio di luce si avvicinerà alla direzione della perpendicolare se esso passa da un mezzo raro in un mezzo denso; e si allontanerà dalla direzione della perpendicolare se esso abbandona

(1) I corpi attraversati dai raggi luminosi chiamansi mezzi.

un mezzo denso e va in un mezzo raro. Dippiù il raggio incidente, la perpendicolare, e il raggio refratto sono nel medesimo piano.

Nella (Fig. 71) AB è il raggio incidente, e B il punto d'incidenza o d'immersione; se il raggio incidente AB passa da un mezzo raro e va in un mezzo denso come dall'aria passa nell'acqua, o nel cristallo, in vece di proseguire la sua direzione BF segue la direzione BE avvicinandosi alla direzione della perpendicolare CD, menata pel punto d'incidenza sulla superficie del secondo mezzo; cosicchè l'angolo DBE formato dal raggio refratto BE con la perpendicolare CD, detto angolo di refrazione è minore dell'angolo ABC, chiamato angolo d'incidenza, formato dal raggio incidente AB con la stessa perpendicolare. Se poi il raggio incidente AB passa da un mezzo denso e va in un mezzo raro come dal cristallo nell'aria segue in vece la direzione BG scostandosi dalla direzione della perpendicolare, cosicchè l'angolo di refrazione GBD è maggiore dell'angolo d'incidenza ABC; e i punti E e G, pe'quali i raggi refratti escono dal secondo mezzo, si dicono punti di emergenza.

182. Nel sistema di emissione si congettura che quando un raggio luminoso si avvicina al secondo mezzo la sua velocità e direzione vengono cambiate a poco a poco dall'attrazione esercitata da questo mezzo sulle molecole del raggio; quest'attrazione esercitandosi ad una distanza picciolissima, il raggio luminoso comparisce spezzato nel punto d'incidenza; introdotto che si è nel secondo mezzo, l'attrazione non venendo più modificata, il raggio poi riprenderà il sentiero rettilineo. Col calcolo si dimostra che la velocità che acquista la luce nel secondo mezzo è indipendente dalla direzione primitiva del raggio, e che la ragione tra questa velocità e quella del raggio incidente è uguale a quella dei seni degli angoli d'incidenza e di refrazione. Quest'ultimo rapporto è conosciuto col nome *d'indice di refrazione.*

183. La forza che i corpi diafani esercitano su i raggi del-

la luce, facendoli subire la refrazione, è una forza acceleratrice che agisce perpendicolarmente alle superficie dei corpi, alla quale Newton diede il nome di potenza refrattiva; e si occupò egli di misurarne gli effetti in ciascun corpo, confrontandola nei differenti corpi; ed ecco il modo di cui si servì per determinare la potenza refrattiva: suppose che un raggio di luce CR (Fig. 72) incontrasse la superficie AB di ciascun corpo sotto un angolo infinitamente piccolo CRA; o ciò ch'è lo stesso suppose che l'angolo d'incidenza CRM fosse quasi retto; in seguito decompose il movimento RG del raggio refratto nelle due direzioni RN e GN la prima nella direzione della superficie refrangente, e l'altra a questa perpendicolare. Or siccome il raggio incidente CR si è supposto di una velocità quasi nel senso di questa perpendicolare, tutto l'effetto che avviene in questo senso deve attribuirsi alla forza acceleratrice, o alla potenza refrattiva del mezzo, e si prova dietro la teorica delle forze acceleratrici; che se si suppone la linea RN costante, la potenza refrattiva sarà come il quadrato della perpendicolare GN.

184. Il rapporto del seno d'incidenza al seno di refrazione che va sotto il nome *d'indice di refrazione*, può esser determinato per i corpi solidi, costruendone alcuni prismi, e situandoli uno per volta in modo che uno dei lati AC (Fig. 73) sia in direzione verticale, e che il suo asse sia posto orizzontalmente. Si facci imbattere perpendicolarmente sul lato AC un raggio di luce DF, esso percorrerà nell'interno del prisma senza cangiar direzione, finchè incontra l'altro lato AB; nell'uscire per questo lato dal prisma proverà un deviamento tale che si allontanerà dalla direzione della perpendicolare, e prenderà la direzione EH che si fa percorrere finchè incontri la scala di misura LM piantata verticalmente. L'angolo d'incidenza DEN è complemento di AED, e essendo conosciuto l'angolo di refrazione CAB complemento di AED; da questi dati si può dedurre la grandezza dell'angolo d'incidenza DEN; quello di refrazione poi IEH è composto da IEF che

è uguale all'angolo d'incidenza DEN e dall'altro HEF. Per avere quest'ultimo, si misurano esattamente le lunghezze FH ed EF; or nel triangolo rettangolo HFE essendo noti i lati FH ed EF si possono conoscere tutte le altre parti, e per conseguenza l'angolo FEH; a questo modo si potrà avere il valore dell'angolo di refrazione. Ripetendo lo stesso su prismi di diverse sostanze si ha l'indice di refrazione per le stesse.

Per i corpi liquidi ed aeriformi si rinchiudono essi in prismi costruiti di pezzi di cristallo a facce piane e parallele e se ne osserva la refrazione collo stesso processo.

Nella tavola seguente sono registrate le potenze refrattive, o i rapporti degli accrescimenti di velocità della luce, quando attraversa ciascuno dei fluidi elastici indicati nella tavola; presa per unità comune l'accrescimento di velocità nell'aria, a forze elastiche uguali. Se da questa si voglia dedurre l'indice di refrazione bisogna moltiplicare i numeri della tavola per 0. 000294; poichè dopo le osservazioni astronomiche di Delambre, e le misure dirette dei signori Biot e Arago l'aumento di velocità della luce nell'aria a 0^{m}: 76 di pressione e a zero di temperatura è di 0. 000294 della velocità del vuoto; tali prodotti indicheranno gli accrescimenti assoluti della velocità della luce in ciascuno fluido elastico. Questi accrescimenti aumentati dell'unità di velocità della luce nel vuoto daranno gl'indici di refrazioni che sono inseriti nell'altra tavola posta dopo, in corrispondenza delle potenze refrattive.

Potenza refrattiva dei gas alla medesima temperatura e sotto la stessa pressione, presa per unità quella dell'aria.

NOMI DEI GAS	POTENZA REFRAT.	DENSITA'
Aria atmosferica........	1. 000	
Ossigeno...........	0. 924	1. 1026
Idrogeno............	0. 470	0. 0685
Azoto..............	1. 020	0. 976
Cloro.............	2. 623	2. 47
Prot-ossido d'azoto...	1. 710	1. 527
Deut-ossido d'azoto..	1. 03	1. 039
Acido idro-clorico....	1. 527	1. 254
Ossido di carbone.....	1. 157	0. 972
Acido carbonico.....	1. 526	1. 526
Cianogeno.........	2. 832	1. 818
Gas olefico.........	2. 302	0. 980
Etere muriatico......	3. 72	2. 234
Acidoidro-cianico....	1. 531	0. 944
Ammoniaca........	2. 309	0. 591
Ossi-cloro-carbonico..	3. 936	3. 442
Idrogeno solforato....	2. 187	1. 178
Acido solforoso......	2. 260	2. 247
Etere solforico.......	5. 197	2. 580
Idrog. prot-fosforato .	2. 282	1. 256

NOMI DEI GAS	INDICE DI REFRAZIONE	POTENZA REFRATTIVA
Aria atmosferica....	1. 000294	0. 000589
Ossigeno	1. 000272	0. 000544
Idrogeno	1. 000138	0. 000277
Azoto	1. 000300	0. 000601
Ammoniaca........	1. 000385	0. 000771
Acido carbonico.....	1. 000449	0. 000899
Cloro	1. 000772	0. 001545
Acido idro-clorico...	1. 000449	0. 000899
Prot-ossido d'azoto..	1. 000503	0. 001087
Deut-ossido d'azoto.	1. 000303	0. 000606
Ossido di carbone...	1. 000340	0. 000681
Cianogeno	1. 000834	0. 001668
Gas olefico.........	1. 000678	0. 001356
Etere muriatico.....	1. 001095	0. 002191
Acido idro-cianico..	1. 000451	0. 000903
Ossi-cloro-carbonico.	1. 001159	0. 002318
Acido solforoso	1. 000665	0. 081331
Idrogeno solforato ..	1. 000644	0. 001288
Etere solforico......	1. 001153	0. 003061
Solfuro di carbone..	1. 001150	0. 00301
Idrog. prot-fosfor ...	1. 000789	0. 001579

Tavola dell' indice di refrazione, e della potenza refrattiva di diversi corpi liquidi e solidi.

Sostanze refrangenti.	Indice di refrazione	Potenza refrattiva
Solfato di barite.....	1. 643	1. 699
Vetro di antimonio...	1, 888	2. 568
Calce solfata........	1. 488	1. 212
Vetro comune.......	1. 550	1. 402
Cristallo di rocca....	1. 562	1. 444
Spato d'Islanda......	1. 666	1. 777
Sal gemma...........	1. 545	1. 388
Allume	1. 458	1. 126
Borace.............	1. 466	1. 151
Nitro	1. 524	1. 345
Cromato di piombo...	2. 970 2. 926	7. 811 7. 561(a)
Realgar	2. 549	5. 497
Ferro solfato........	1. 515	1. 294
Acido solforico	1. 428	1. 041
Acido fosforico solido.	1. 544	1. 384
Acqua di pioggia....	1. 336	0. 784
Gomma arabica......	1. 476	1. 178
Spirito di vino rettif..	1. 370	0. 876
Canfora	1. 500	1. 250
Olio d'oliva........	1. 466	1. 151
Olio di lino.........	1. 481	1. 194
Essenza di terebinta..	1. 471	1. 155
Ambra	1. 555	1. 420
Diamante...........	2. 439	4. 949
Fosforo	2. 224	3. 946
Solfo fuso	2. 148	3. 614
Solfo nativo	2. 115	3. 473

(a) Il cromato di piombo gode doppia refrazione.

185. Nella ipotesi delle ondulazioni la dimostrazione della legge di refrazione è la seguente. Sia AB (Fig. 74) la superficie di separazione dei due mezzi, e sieno FG ed ED i raggi incidenti che partono da un punto infinitamente lontano, e perciò paralleli tra loro. Si meni pel punto G la linea GI perpendicolare ai raggi incidenti, i movimenti corrispondenti delle ondulazioni dei due raggi incidenti arriveranno simultaneamente in G e in I; parimente se consideriamo i raggi refratti paralleli GK e DL partiti dai punti G e D, e meniamo tra essi la perpendicolare DM; affinchè i due raggi sieno d'accordo, bisognerà che l'intervallo GM sia percorso nel medesimo tempo che l'intervallo ID, e sarà chiaro che per aver luogo ciò fa mestieri che questi due spazi sieno nel medesimo rapposto delle velocità di propagazione, o delle lunghezze di ondulazioni della luce nei due mezzi. Di fatti L ed l rappresentino le lunghezze delle ondulazioni nel primo e nel secondo mezzo, si dovrà avere DI : GM = L : l; ma nel triangolo rettangolo GID sta GD : ID = Rag : Sen. IGD = 1: Sen. IGD, perciò ID = GD × Sen. IGD; parimente GM = GD × Sen. GDM; onde avremo GD × Sen. IGD: GD × Sen. GDM = L: l, e Sen. IGD : Sen. GDM = L: l; or IGD è uguale all'angolo d'incidenza IDP, e GDM è uguale all'altro di refrazione QDL; adunque Sen. dell'angolo d'incidenza IDP: Sen. QDL angolo di refrazione = L: l, dal che segue che l'accordo dei raggi esige che i seni degli angoli d'incidenza e di refraziona sieno nel rapporto delle lunghezze delle ondulazioni; vale a dire in un rapporto costante per i medesimi mezzi nella teorica delle onde, come è per l'appunto la legge conosciuta.

186. Dall'esame dei fenomeni diottrici si ricavano le seguenti conseguenze.

1.° Che il seno dell'angolo d'incidenza e quello dell'angolo di refrazione sono in un rapporto costante sotto qualunque incidenza, purchè i mezzi rimangono gli stessi, per esempio nel passaggio della luce dall'aria nel vetro, il seno dell'angolo

d'incidenza è al seno dell'angolo di refrazione come 3 : 2, e dall'aria nell'acqua come 4 : 3. Questa legge è riconosciuta col nome di legge di Cartesio.

2.° Che il raggio luminoso serba sempre la stessa direzione attraversando gli stessi mezzi, sì nel passare dal mezzo più raro nel più denso, che dal più denso nel più raro. Così se il raggio BI (Fig. 75) dall'aria s'immetta nel cristallo per la refrazione prende la direzione TA; se poi parte dal punto A del cristallo seguendo la direzione AT, nell'aria prosegue nella stessa direzione TB; perchè il rapporto di refrazione tra gli stessi mezzi, che sono l'aria ed il cristallo, è costante.

3°. In ogni refrazione ha luogo sempre una reflessione di una porzione di luce; vale a dire che nel punto d'incidenza del secondo mezzo il raggio di luce si divide in due porzioni, delle quali una è reflessa, e l'altra è refratta; e la porzione reflessa è più considerevole, quando il raggio cade più obliquamente.

4.° In ciascuna refrazione si ha un'alterazione nella natura della luce, e una minorazione nella sua densità. Poichè il raggio refratto dal punto d'incidenza in avanti si allarga formando non più una linea, ma una piramide, che raccolta sopra un quadro bianco offre tanti punti di diverso colore.

5.° La refrazione non solo si accresce quando è maggiore la differenza tra le densità de' mezzi che la luce attraversa; ma a questa influiscono ancora alcune proprietà chimiche de' corpi. Di fatti si sa che i corpi combustibili posseggono questa proprietà ad un grado eminente, e che le maggiori refrazioni si hanno tra l'aria, il gas idrogeno, il diamante, e l'acqua; dalchè Newton nel ravvisare questa proprietà in alto grado nel diamante ne dedusse la sua combustibilità.

I fenomeni diottrici sono prodotti o dal passaggio della luce attraverso de' mezzi forniti di superficie piane o dal passaggio della luce per mezzi forniti di superficie sferiche. I corpi guardati attraverso de' primi si osservano tali come sono, ma deviati dalla loro posizione reale per effetto della re-

frazione. Di fatti se nel fondo di un vase si metta una moneta o altro corpo qualunque cosicchè venghi appena occultato dal lembo del vase; se si versi l'acqua nel vase, restando l'osservatore nella stessa posizione può vederlo benissimo; pure un bastone parte immerso in una vasca di acqua apparisce come spezzato nella separazione dei due mezzi, il che è dovuto alla refrazione; e similmente per la refrazione vediamo il sole più elevato sull'orizzonte di quello ch'è realmente; e gli astri che non sono esattamente allo zenit più distanti dall'orizzonte di quello che realmente lo sono.

187. Ordinariamente i fenomeni diottrici sono artificialmente operati mercè vetri puliti si piani, che sferici. I vetri piani possono essere a facce parallele e non parallele; quelli a facce parallele altro non fanno chè deviare la posizione reale dei corpi; dappoichè il raggio AB (Fig. 76) che parte dal corpo A immettendosi nel cristallo subisce la refrazione e prende la direzione BD; nel passare poi dal cristallo nell'aria subisce una nuova refrazione, mediante la quale prende la direzione DO che non è nel prolungamento della direzione primitiva BA, ma è a questa parallela; perciò il nostro occhio situato in O vede l'oggetto nella direzione OD e lo riporta nel punto C in vece di A.

Nei mezzi forniti di superficie non parallele, come sarebbero i prismi triangolari di cristallo, la cui sezione è ABC (Fig. 77), i raggi luminosi imbattendosi in uno dei lati AB percorrono nel interno del prisma, e ne escono per l'altro piano BC che forma angolo col precedente, allontanandosi in ogni incidenza dal vertice dell'angolo formato dai due piani che attraversano; cosicchè i diversi raggi refratti sono nella stessa sezione del prisma, e questo allontanamento è maggiore quanto più grande è l'angolo formato dai due piani.

I vetri sferici detti ancora lenti, non sono che porzioni di sfere a superficie convesse, o concave; le convesse possono essere o convesse convesse, o piane convesse, secondochè la

convessità si ravvisa in ambe le superficie, o in una sola; le concave ugualmente possono essere concave concave, o piane concave giusta la conformazione delle loro superficie.

188. Di una lente si chiama centro ottico il punto situato nel mezzo di essa, e dicesi centro geometrico il centro della sfera di cui la lente fa parte; sarà poi asse della lente quella retta che unisce il centro ottico col centro geometrico; delle superficie finalmente quella rivolta verso l'oggetto, si dirà superficie anteriore e posteriore quella rivolta verso l'occhio.

Potendosi tanto le lenti convesse che le concave considerare come il risultato dell'accozzamento di sezioni di prismi eguali, disposti nelle prime in modo che gli angoli formano il perimetro della lente, ed i lati opposti a'detti angoli si confondino in una linea costituendo l'asse della medesima; e nelle altre che gli angoli occupino il centro della lente, e i lati opposti il suo perimetro. Perciò i raggi che attraversano le lenti, nelle prime si avvicinano fino a riunirsi quasi in un punto, e per tale effetto esse sono chiamate ancora lenti di convergenza, e nelle seconde si slargano a proporzione che si scostano dalla superficie della lente, e perciò dette ancora lenti di divergenza.

189. Una lente di convergenza esposta ai raggi del Sole essendo poggiata sopra una superficie bianca, se si va progressivamente scostando da questa, tenendola in modo, che il suo asse sia parallelo alla direzione de' raggi, si osserverà che lo spazio luminoso prodotto dal passaggio della luce attraverso la lente, si va gradatamente minorando, finchè giunge ad una distanza in cui la luce occupa uno spazio limitatissimo, e scostandosi di più incomincia di nuovo ad ingrandirsi. Questo punto si chiama fuoco principale della lente, e la distanza di questo punto dalla superficie più prossima della lente, dicesi distanza focale; e se rivolgesi la lente può osservarsi lo stesso fenomeno; perciò una lente di divergenza ha due fuochi che sono ugualmente distanti dalle due superficie se queste sono porzioni uguali di superficie

della stessa sfera, nel qual caso la lente dicesi simmetrica (a).

190. Noi abbiamo supposto il corpo luminoso posto a distanza infinita, o almeno sì grande che i raggi incidenti possono considerarsi come paralleli; ma se l'oggetto luminoso si avvicini ad una lente convessa, i raggi che s'imbattono sulla superficie della lente saranno divergenti, e si disporranno come un fiocco, e attraversando la lente si convergeranno per la refrazione, e si riuniranno in un fuoco che non sarà lo stesso punto di prima, ma più distante di questo. Approssimandosi più il corpo luminoso alla lente il fuoco si allontana sempre più; e se questo corpo è posto nel fuoco principale F (Fig. 78) i raggi emergenti dietro la refrazione, diverranno tutti paralleli, precisamente seguendo un cammino inverso di quando il corpo luminoso è posto a distanza infinita e il fuoco in F; che se poi si continui ad avvicinare il corpo luminoso alla lente, i raggi emergenti divergeranno e non avranno più fuoco, o al più un fuoco virtuale, posto dall'altra banda della lente. Ecco perchè l'occhio D vede ingrandito per réfrazione un oggetto C posto alquanto al di là del fuoco principale F; cioè perchè i raggi emergenti divergono più che gl'incidenti, e la pupilla non ricevendo questi raggi in direzione più deviata vede gli oggetti sotto un angolo maggiore. Or questo deviamento essendo nella ragione inversa della distanza focale, perciò l'ingrandimento degli oggetti per coteste lenti si osserva nell'indicato rapporto; e sotto questa proprietà, prendon posto per la maggior parte gli strumenti ottici.

191. Le lenti di convergenza sono con profitto impiegate per riparare uno dei difetti della vista a cui vanno soggetti i vecchi, chiamato presbiopía che consiste nella compres-

(a) Le lenti simmetriche convesse-convesse hanno una distanza focale uguale al raggio della sfera di cui fan parte, o più esattamente uguale a [illegible] di detto raggio; la distanza focale delle piane-convesse è eguale al doppio del raggio, e più precisamente uguale a $\frac{11}{6}$

sione del bulbo dell'occhio; dimodochè i raggi luminosi entrando nell'occhio non si riuniscono nel sito opportuno per operare la visione perfetta, ma in un punto più lontano; perciò siffatte lenti rendendo i raggi più convergenti fanno sì che essi si riuniscono nel sito conveniente. Sono impiegate ancora le lenti di convergenza, quando hanno una larga superficie e una distanza focale non maggiore del loro diametro o apertura, per dirigere eccessivo calore in un punto; nel qual caso prendono il nome di vetri ardenti, e i loro effetti sono rimarchevolissimi particolarmente quando sono di larga apertura, e lo spazio in cui si riunisce la luce, chiamato spazio caustico, che è molto ristretto.

192. Se una lente di divergenza si espone ai raggi del Sole, e si raccoglie la luce trasmessa sopra una superficie bianca si osserva che questa luce diverge come se venisse da un punto situato nella concavità opposta della lente; questo punto chiamasi fuoco negativo della lente, e la distanza dalla superficie anteriore distanza focale negativa, e osservando lo stesso se rovesciasi la lente; perciò una lente di divergenza ha due fuochi negativi.

Isolatamente le lenti concave servono per riparare ad un altro difetto della vista, ch'è la miopia; difetto degli occhi ordinariamente de'giovani, che consiste nella soverchia convessità del bulbo dell'occhio; perchè i raggi luminosi imbattendovisi si convergono fortemente, e la riunione de'raggi succede in un punto molto più in fuori di quello, ch'è necessario per operare la visione perfetta; e perciò quelle lenti operando una divergenza nei raggi producono la visione regolare.

Per la divergenza prodotta dall'azione delle lenti concave, gli oggetti guardati attraverso di esse si osservano più impiccioliti e ravvicinati, e la distanza massima da cui può osservarsi l'imagine, è la distanza focale.

Nell'uso delle lenti si concave che convesse, per accomodare la vista, bisogna badare al grado di concavità o con-

vessità corrispondente al bisogno della vista, giacchè oltrepassando il bisogno la vista viene defaticata, e rendesi pigra e debole dopo breve tempo.

193. Per meglio comprendere quello che abbiamo detto di sopra è necessario dare qualche piccolo cenno sul fenomeno della visione.

La visione si effettuisce per la propagazione dei raggi luminosi che partono dai corpi e vanno all'occhio.

L'occhio è costruito in modo che i raggi emanati dagli oggetti esterni entrano per la pupilla e si refrangono attraversando il cristallino e gli umori interni dell'occhio, come farebbero nell'attraversar le lenti. Questi raggi vanno a portare l'imagine dei corpi sopra una membrana nervosa sensibilissima chiamata retina che tapezza il fondo dell'occhio, prodotta dalla dilatazione delle estremità di due grossi nervi che partono dal cervello pei quali ci viene la sensazione della vista; e affinchè l'oggetto si vegga distintamente è d'uopo che i raggi si raccolghino sulla retina. La vista difettosa può dipendere da due diverse conformazioni dell'occhio; o questo è troppo schiacciato, e allora i raggi non si riuniscono sulla retina ma un poco indietro, e ciò forma il difetto della presbiopìa, nel quale caso bisogna accrescere la convergenza dei raggi, affinchè l'oggetto si ponga sulla retina, il che si ottiene usando lenti convesse; o l'occhio è troppo rilevato, allora i raggi si riuniscono prima di giungere alla retina, ciocchè forma il difetto della miopìa, e converrà divergerli per far che l'oggetto si dipinga sulla retina, il che si ottiene mercè le lenti concave.

194. Il fenomeno della visione presenta fatti quasichè inesplicabili, ai quali non si può per ora dare altra delucidazione, che l'abitudine e l'imaginativa, facendo capo dalle sensazioni. I lumi ulteriori della Fisica, guidati dalla notomia di quest'organo, potranno forse darci in seguito ragioni più convincenti; come l'osservare gli oggetti diritti quando le imagini si pingono nell'occhio rovesciate, attesa la sua

struttura; più queste si pingono ugualmente in ambedue gli occhi, purtuttavia non ne osserviamo che una sola, qualora dovressimo vederle raddoppiate; similmente queste imagini rappresentano le superficie dei corpi e non i corpi, intanto noi giudichiamo con molta esattezza delle loro forme reali, e altre cose simili.

Della Catottrica

195. Se i corpi trasparenti danno libero passaggio ai raggi luminosi, le superficie levigate dei corpi opachi li riflettono come gli specchi; ma in molte di esse le imagini si osservano confuse. Tra i corpi solidi non vi è che qualche metallo, o meglio talune lighe metalliche, o amalgami (combinazioni del mercurio con altri metalli) applicate sulla superficie de'cristalli, che sono suscettibili di prendere una pulitura levigata e perfetta, e così essere al caso di rappresentare le imagini degli oggetti con precisione.

Gli specchi di cristallo sono utilissimi per gli usi ordinari, ma non possono adoperarsi per esperienze delicate di ottica; dappoichè cadendo i raggi di luce obliquamente sopra di essi si esegue la reflessione non solo sulla superficie anteriore del cristallo, ma ancora sulla superficie dell'amalgama sottoposta al cristallo, oltre a che hanno luogo ancora due refrazioni una del raggio incidente, e l'altra del raggio reflesso; perciò i fenomeni che si hanno col loro mezzo, non sono prodotti dalla semplice reflessione operata in un solo punto.

Gli specchi possono variare moltissimo per la forma delle loro superficie: noi peraltro ci occuperemo soltanto di quelli a superficie piane, e a superficie sferiche, cioè quei la cui superficie corrisponde a quella di una porzione sferica.

196. La legge fondamentale che regola i fenomeni della catottrica è la seguente. Se un raggio di luce cade obliquamente sulla superficie di uno specchio, e nel punto d'incidenza del raggio suddetto s'intende innalzata una perpendi-

colare sulla superficie dello specchio; il raggio rimbalzerà formando un angolo colla perpendicolare esattamente uguale a quello formato dal raggio incidente colla stessa perpendicolare, laonde il raggio incidente, la perpendicolare, e il raggio reflesso restano nello stesso piano.

L'angolo formato dalla perpendicolare col raggio incidente, chiamasi angolo d'incidenza, e quello formato dal raggio reflesso colla stessa perpendicolare, dicesi angolo di reflessione; e se il raggio incidente cade perpendicolarmente allo specchio ne verrà da questo rimbalzato per la stessa direzione, confondendosi il raggio incidente col raggio reflesso.

L'anzidetta legge si può colla massima facilità verificare coll'esperienza, introducendo in una stanza resa al buio un raggio di luce che vada ad imbattere obliquamente sopra uno specchio piano, si potrà osservare l'uguaglianza tra l'angolo d'incidenza e di reflessione mediante un semicerchio graduato messo perpendicolarmente allo specchio, e nell'istesso piano dei raggi d'incidenza e di reflessione, cosicchè il centro corrisponda al punto d'incidenza; si osserverà così facilmente che l'angolo d'incidenza è uguale all'angolo di reflessione.

Mediante l'anzidetta legge si dà ragione di tutt'i fenomeni catottrici, avendo riguardo alla conformazione degli specchi.

197. Sia un punto raggiante B, (Fig. 79) collocato di rimpetto ad uno specchio piano, che emette raggi in tutte le direzioni, de'quali alcuni dopo di essere stati reflessi in ab entrano nell' occhio di un osservatore collocato in pl; l'insieme di questi raggi reflessi può considerarsi come un cono tronco di cui la base pl è nell'occhio, e la sezione poggia sullo specchio. Lo specchio piano non fa che cangiare la direzione dei raggi senza alterarne la disposizione relativa. Il cono lpR sarà uguale al cono spezzato lpabB, e l'osservatore avendo l'abitudine di rinvenire gli oggetti nella direzione de' raggi luminosi che riceve nell' occhio, vede perciò l' oggetto in R. I due triangoli BDa, ed RDa, avendo un angolo uguale compreso fra due lati uguali sono uguali, dal che si ha BD=

RD; perciò l'oggetto è veduto dietro lo specchio ad una distanza DR uguale a DB, della stessa forma e grandezza; ma soltanto con minorazione di luce nella sua densità, e questa minorazione è prodotta dall'assorbimento di una porzione di raggi luminosi operata dallo specchio; e si comprenderà facilmente che nell'imagine si osservano tutt'i movimenti che subisce l'oggetto reale.

L'imagine di un oggetto di una dimensione data si ha menando da ciascun punto di quest' oggetto una perpendicolare al piano dello specchio, e prolungandola al di là dello specchio di una quantità uguale alla distanza del medesimo punto dallo specchio.

198. Gli specchi sferici sono convessi o di divergenza, e concavi o di convergenza; denominazioni dette tanto dalla conformazione, che da fenomeni, che per mezzo di essi si osservano.

Di uno specchio sferico, si chiama centro geometrico il centro della sfera di cui lo specchio fa parte; centro ottico il punto situato nel mezzo dello specchio, e asse la retta menata pel centro ottico e pel centro geometrico.

Potendosi considerare ogni elemento di uno specchio sferico come un piccolo specchio piano, la reflessione di ogni raggio di luce si ha come se fosse fatta sul piano tangente menato al punto d'incidenza; laonde i raggi incidenti e quei reflessi formano angoli uguali colla normale, ch'è il raggio della sfera tirato al punto d'incidenza.

199. Se si dirige uno specchio concave ABC (Fig. 80*) all'azione de'raggi solari, in modo che il suo asse BD sia in direzione parallela ai raggi EA ed FC, questi saranno reflessi, e secondo la legge di catotírica verranno riuniti nel punto O, o in uno spazio limitatissimo ch'è situato presso a poco nel mezzo della distanza dei due centri geometrico ed ottico; questo spazio si distingue non solamente da una luce abbagliante, ma ancora da un calore vivissimo, il quale dicesi fuoco principale dei raggi paralleli. Cotesto fenomeno av-

viene quando il corpo luminoso è posto ad una grandissima distanza, cosicchè i suoi raggi possono considerarsi paralleli; ma se il punto luminoso P (Fig. 81) è posto sull'asse al di là del centro C, il raggio PH reflettesi nella direzione MR facendo l'angolo CMR uguale a CMP; e siccome quest'ultimo è minore dell'angolo OKC, che fa CM con MO parallela all'asse, perciò il primo deve essere minore di FMC; adunque il punto F si è ravvicinato al centro in R. Allo stesso modo potremo convincerci che tutt'i raggi emanati dal punto P dopo essersi imbattuti nei vari punti dello specchio si reflettono in R ch'è il fuoco relativo al punto P dell'asse; e parimente si può dedurre che i raggi emanati da un punto luminoso R radunerebbonsi in P ch'è il fuoco relativamente al punto R dell'asse, e perciò questi fuochi P ed R che si riproducono a vicenda diconsi fuochi coniugati. Similmente può dedursi che quanto più il punto luminoso si avvanza lungo l'asse verso il centro C, tanto più il fuoco R si allontana da F avvicinandosi al centro; cosicchè quando il punto luminoso è nel centro C, allora i suoi raggi essendo perpendicolari ai piani tangenti menati pei punti d'incidenza, perciò gli stessi raggi saranno reflessi nello stesso centro. Se poi il punto luminoso, coll'approssimarsi dippiù allo specchio, oltrepassi il punto C allora il fuoco si allontanerà più dallo specchio oltrepassando il centro talmentechè se il punto luminoso fosse in R il fuoco sarebbe in P; e se il punto luminoso fosse posto nel fuoco principale F, tutt'i raggi sarebbero reflessi in direzioni parallele all'asse. Finalmente se il punto luminoso fosse posto più vicino allo specchio del fuoco principale F, l'angolo d'incidenza divenendo maggiore di FMC quello di reflessione sarebbe più grande di CMO, e perciò i raggi reflessi divergerebbero, nè vi sarebbe più fuoco assoluto, ma piuttosto un fuoco ideale posto dell'altra parte dello specchio.

200. Fin ora abbiamo supposto il punto luminoso o situato ad immenza distanza dallo specchio, in modo che i suoi

raggi potevano considerarsi paralleli; ovvero che il punto luminoso fosse nella direzione dell' asse; supponiamo ora che questo punto P sia fuori dell'asse AC (Fig. 82): si conduca PM parallela all'asse AC, ed MF pel punto F posto nella metà di AC; il raggio PM dovrà reflettersi nella direzione MF. Si conduca inoltre la retta PA che vada nel centro ottico dello specchio, e la retta AR in modo che faccia l'angolo RAC = CAP; il raggio PA si dovrà reflettere lungo AR, e perciò il fuoco coniugato del punto P sarà il punto R ch'è l'intersezione di questi due raggi riflessi. Si comprende ancora che se pei punti P e C menasi la retta PCD, questa retta attesa la conformazione dello specchio può riguardarsi come l'asse di esso; i raggi reflessi anderanno tutti a riunirsi nel fuoco coniugato R posto su questa linea, il quale può determinarsi nel modo che abbiamo operato. Inoltre sia un corpo qualunque PH posto ove si voglia dinanzi ad uno specchio concavo DM essendo il punto R il fuoco coniugato di P, e il punto L di H; e con una costruzione simile potendosi per ogni punto di PH rinvenire il fuoco coniugato, ne verrà che PH avrà per imagine rovesciata RL, e PH sarà l'imagine qualora l'oggetto reale fosse RL.

Adunque le posizioni di queste imagini trovansi facilmente colla teorica che abbiamo esposta; e per quanto riguarda la loro grandezza osserviamo che da'triangoli simili PCH ed RCL si ha PC: RC = PH: RL vale a dire che il rapporto delle grandezze relative di un corpo e della sua imagine è uguale a quello delle distanze dal centro C ai fuochi coniugati P ed R. Onde si comprende, che un oggetto posto al di là del centro geometrico dello specchio concavo ha la sua imagine posta al di quà ma impicciolita; e invece se l'oggetto è posto tra questo centro e il fuoco principale F l'imagine è ingrandita e posta al di là del centro; avendosi in ambedue i casi l'imagine capovolta; e converrà porre l'oggetto un poco di lato in rapporto all'asse affinchè l'imagine si formi dall'altro lato. Adoprasi una lastra di vetro offuscata che si

situa nel fuoco per ricevere l'imagine; o si fa in modo che l'occhio sia posto nel punto P o nella direzione de fascetti di raggi che ne derivano, giacchè tutt'i raggi emanati da R incrocicchiansi in P, e divergono partendo da quel punto; la grandezza della pupilla riceverà così i vari fascetti che giungono da tutt'i punti di RL; dapoicchè fuori di questa direzione l'incrocicchiamento dei raggi non darebbe più imagine nitida.

201. Ecco dunque la serie degli effetti prodotti da uno specchio concavo. Dispongansi un corpo di poca estensione, come una candela accesa a grande distanza e quasi sull'asse, si vedrà una piccola imagine della candela rovesciata e molto brillante nel fuoco principale dello specchio, e propriamente nel mezzo della distanza tra il centro ottico e il centro geometrico; e a misura che si avvicini la candela allo specchio, la sua imagine si anderà sempre più allontanando e ingrandendo, cosicchè giunto al centro geometrico si confonderà coll'oggetto, e avvicinandosi di più la candela, l'imagine continuerà ad ingrandirsi e allontanarsi; e quando la candela sarà giunta nel fuoco principale la sua imagine diverrà d'infinita grandezza e posta a distanza infinita, nè si potrà più vedere, non potendosi porre l'occhio in veruna delle circostanze necessarie per vederla; tenendo per fermo che in tutti questi casi l'imagine vedesi rovesciata.

Se si continua ad avvicinare la candela oltre il fuoco principale ben presto rivedrassi l'imagine dietro lo specchio ma dritta, prima molto grande poi sempre impicciolendosi. Non è questo più l'effetto della riunione dei raggi in verun punto, poichè questi fuochi sono collocati al di là dello specchio, ma ricevendo l'occhio i raggi reflessi in direzioni determinate si ha lo stesso effetto che darebbero i raggi luminosi emanati da questo fuoco ipotetico. Inoltre questa imagine decresce a misura che l'oggetto si avvicina allo specchio, e avvicinasi anch'essa, e quando finalmente lo tocca, l'imagine confondesi coll'oggetto.

202. Gli specchi concavi producono illusioni singolarissime chè nascono dalle proprietà che abbiamo indicate: quando, per esempio, un uomo ponesi dinanzi ad uno di questi specchi alquanto più lontano dal fuoco principale, ei vede la propria imagine pendente in aria innanzi a lui col capo in giù; e se egli si avvicina o si allontana dallo specchio, l'imagine si allontanerà o avvicinerà, ed allungando la mano o eseguendo altro movimento si osserverà lo stesso nell'imagine. Fa duopo avvertire che ciò che abbiamo detto avviene esattamente quando lo specchio è di piccola estensione in rapporto alla sfera di cui fa parte, e che il punto luminoso e l'oggetto di cui vuolsi avere l'imagine son posti in guisa, che la linea condotta da questo punto al centro di figura dello specchio fa un picciolissimo angolo col raggio che va da questo punto al centro della sfera. Ove non si verificano siffatte condizioni non si possono avere che imagini confuse e incerte; poichè questo fuoco che abbiamo considerato come un punto unico, per ogni punto radiante è una piccola superficie, e queste piccole superficie accavalcandosi le une sulle altre non lasciano nessuna nitidezza nel contorno delle imagini.

202. Gli specchi ustori quando presentansi direttamente all'azione de'raggi solari non danno per fuoco un punto, ma una piccola superficie circolare; l'intensità del calore che si ottiene per mezzo di essi stà a quella che si ha dall'azione semplice e diretta dei raggi solari, come la superficie dello specchio sta all'estensione del fuoco. Lo specchio di Villette aveva 47 pollici di diametro, e la imagine solare era di 0. 358 poll. i cerchi essendo nella ragione dei quadrati dei raggi, i quadrati di questi numeri sono nel rapporto di 1: 17257; perciò il calore sviluppato nel fuoco era 17257 volte maggiore di quello de'raggi diretti, sottrattone la perdita per la porzione de'raggi assorbita dallo specchio. Si è osservato che nei grandi calori estivi la intensità di effetto degli specchi ustori s'indebolisce, e che le circostanze più favore-

voli per tali sperimenti sembrano essere una temperatura media, e un'atmosfera nitida.

Dietro siffatte dimostrazioni s'intende ora come succede che presentato al sole uno specchio concavo di una certa grandezza in modo che il suo asse sia nella direzione de'raggi solari, potranno questi accendere una sostanza posta nel fuoco principale di quello. Lo specchio di Villette, poc'anzi citato della distanza focale di 3 piedi e 2 poll. fece fondere in sette secondi e mezzo una moneta di argento, in tre secondi una di stagno; un diamante del peso di quattro grani perdette 7/8 del proprio peso. Gli specchi di Manfredo Septala, di Gartiner e di altri furono celebri un tempo per gli effetti con essi ottenuti.

204. La fabbricazione di un grande specchio riuscendo difficile, si può come fece il padre Kircher disporre una gran quantità di piccoli specchi piani inclinati talmentechè ciascuno di essi invii l'imagine del Sole allo stesso punto. Buffon ne fece costruire uno composto di 158 specchi piani connessi tra loro, ciascuno di sei pollici quadrati, mobili sopra assi mediante tre viti, che fissava in maniera da poter portare il fuoco comune ove egli voleva; con questo specchio bruciò un pezzo di legno a 200 piedi di distanza, e a 45 piedi fuse il piombo, l'argento, e il rame. Tali sperimenti fan credere non improbabile ciò che si dice del matematico Siracusano di aver incendiato da lontano la flotta Romana che teneva in assedio Siracusa.

Sull'esempio de piccoli specchi piani inclinati in modo da poter reflettere i raggi del Sole nello stesso punto, Buffon imaginò di fare alcune lenti composte di frammenti di vetri tutti lavorati sulla stessa sfera, che si accozzano in modo da formare una lente, detta perciò lenta a scaglione. Nella (Fig. 83). vedesi una lente centrale che è circondata da quattro pezzi disposti a zona; questa zona è cinta da un'altra di otto pezzi e così di seguito; ciascuno di questi pezzi è ridotto alla minor grossezza possibile, e tutti hanno il pro-

prio fuoco in un punto comune. I risultamenti di questo apparato sono possentissimi, e la fabbricazione ne è molto facile. Il Dottor Brewster combinò in seguito queste lenti con riverberi per accrescere la densità del calore. E Fresnel applicò, non è gran tempo, questo mezzo all'illuminazione de'fari con una riuscita che promette molta utilità, e ben presto condurrà ad abbandonare i riverberi parabolici adoperati fin orà a tale oggetto; dappoichè le lenti a scaglione danno un effetto di gran lunga superiore ai riverberi, sempre molto costosi, e imperfetti.

205. Se il raggio di luce OM incontri la superficie dello specchio convesso MAN nel punto M in prossimità dell'asse BA e in direzione parallela al medesimo, e se al punto M d'incidenza si tiri il raggio CM che si prolunghi in D, sarà MD normale al piano tangente menato al punto d'incidenza; perciò il raggio OM si rifletterà nella direzione MI formando l'angolo di reflessione DMI uguale a quello d'incidenza OMD, e il punto F ove il raggio reflesso IMF prolungato incontra l'asse PC è il fuoco de'raggi paralleli. Che se il punto radiante è sull'asse in R il raggio incidente RM darà il raggio reflesso MK e il fuoco in P, il quale è più vicino alla superficie dello specchio; dal che derivano gli effetti seguenti.

1.° La reflessione operata da uno specchio convesso rende divergenti i raggi che erano paralleli prima della loro incidenza, e aumenta la divergenza di quelli che erano divergenti; di quelli poi che convergevano esso può secondo le circostanze renderli divergenti, paralleli, o convergenti; peraltro sempre in minor grado de'raggi incidenti.

2.° L'imagine prodotta da uno specchio convesso è sempre posta dietro dallo specchio, e perciò non si può ricevere sopra un piano frapposto, come nei specchi concavi.

3.° Quando l'oggetto è a distanza indefinita vedesi l'imagine dietro lo specchio nel fuoco F impicciolita, e molto vivace, e a misura che l'oggetto si avvicina alla superficie

convessa, l'imagine si avvicina del pari e s'ingrandisce, fino a divenire della stessa grandezza dell'oggetto reale, confondendosi con esso quando l'oggetto tocca lo specchio; ma in tutte queste posizioni l'imagine rimane dritta.

Il fuoco dello specchio convesso è un fuoco imaginario, perchè non è un punto determinato dalla concentrazione dei raggi luminosi, e solamente dalla intersezione prodotta da i raggi reflessi, e può determinarsi praticamente nel seguente modo. S'incolla sulla superficie dello specchio convesso (Fig. 84) MAN un foglio di carta nera, nel quale si praticano due fori M ed N ad uguali distanze dal centro ottico dello specchio e diametralmente opposti; presentando lo specchio così apparecchiato ai raggi solari, in modo che il suo asse sia in direzione dei raggi solari, questi fori lasciano reflettere i raggi in due direzioni MI ed NI; queste linee prolungate dietro lo specchio danno il fuoco nel loro punto di riunione F. Or se si metta un cartone innanzi allo specchio ad una determinata distanza e perpendicolare all'asse dello specchio, e sopra esso si faccino imbattere i raggi reflessi in tal modo si avranno la distanza AB del cartone dal centro A dello specchio, la distanza MN tra i due buchi della carta nera posta sullo specchio, e la distanza SI sul cartone tra i due raggi che vi s'imbattono; da questi dati facilmente potrà rilevarsi il punto F e la distanza FA.

Della scomposizione della luce o teorica de' colori diottrici.

206. La luce del Sole e di tutti i corpi luminosi è formata dalla riunione di sette raggi principali diversamente coloriti, che sono il violetto, l'indaco, il blù, il verde, il giallo, l'arancio e il rosso. Ciascuno di questi raggi oltre del calore particolare, ha certe qualità che le sono proprie. Dalla diversa unione di questi raggi ne nascono tutti i colori sì naturali che artificiali, e la riunione di tutti dà il bianco.

Grimaldi riconobbe la scomposizione della luce operata dal prisma, ma Newton la dimostrò nel modo più completo, e l'apparecchio semplicissimo di cui si servì è un prisma triangolare di cristallo. Nel passaggio che fa la luce per questo prisma subisce due refrazioni, una alla superficie anteriore e l'altra alla posteriore; per questo doppio effetto, la refrazione essendo varia ne'differenti raggi coloriti, la dispersione dei colori si aumenterà di molto, cosicchè si può esaminare la luce refratta a quella distanza che si vuole dal prisma.

207. Per riconoscere l'ineguaglianza di refrangibilità dei differenti raggi, fa uopo guardare, attraverso all'angolo refrangente di un prisma di cristallo, un pezzo di carta, di cui una metà è dipinta in rosso e l'altra in blù. Se l'angolo refrangente del prisma è in alto si vedrà che la parte blù è più alta della rossa. Di fatti sia CAB (Fig. 85) la sezione verticale di un prisma, A il suo angolo refrangente, o l'angolo attraverso le cui facce si effettuisce il passaggio della luce, e sia SI un raggio che parte dal rosso; questo raggio nell'immettersi nel prisma prenderà la direzione IL avvicinandosi alla direzione della perpendicolare NM, e dopo aver attraversato il prisma, nel passare di bel nuovo nell'aria si allontanerà dalla perpendicolare, e prenderà la direzione LO; dimodochè l'occhio situato in O crederà l'oggetto in R, e sarà facile comprendere che la deviazione dell'oggetto sarà di tanto più grande per quanto la refrazione sarà maggiore. Or se il color blù ha una forza refrattiva più grande, si osserverà il color blù più elevato, il che si osserva realmente nel fatto. Da questo esperimento si può conchiudere, che la luce bianca è composta dai raggi inegualmente refrangibili, e la diversa refrazione che soffrono nell'attraversare il prisma ne opera la separazione.

208. Per realizzare questa scomposizione; praticate alla chiusura di una stanza resa oscura un forellino, pel quale potesse immettersi nella stanza un fascetto di luce solare SI (Fig .86), situato il prisma in modo che il suo asse sia per-

pendicolare alla direzione del raggio luminoso, osserverete l'imagine raccolta sopra un quadro di tela bianca molto ingrandita nel senso MN, terminata da due linee rette e da due archi circolari, e che il violetto è il colore il più refrangibile, e il rosso il meno refrangibile, e che và scemando la refrangibilità dal violetto al rosso; perciò si trovano i raggi diversamente coloriti schierati nell'ordine che abbiamo indicato. Questa imagine è quella che ha ricevuto il nome di spettro solare. Se poi si fa imbattere lo spettro solare, ad una certa distanza dal primo sopra una lente di convergenza si osserverà la luce raccolta nel suo fuoco perfettamente bianca; dimostrandosi in tal modo la sintesi della luce.

I raggi ugualmente coloriti sono ugualmente refrangibili, perchè facendo attraversare lo spettro solare per un secondo e anche un terzo prisma, non si aumenta per nulla il numero dei fasci, ciascun colore resta lo stesso, soltanto il più refrangibile sarà il più deviato.

Si è molto discusso sul numero dei colori della luce: Newton fu di parere che le gradazioni sono innumerevoli incominciando dal rosso più vivo al violetto più denso, e che ciascuno di essi ha un rapporto particolare di refrazione: fin ora questa opinione è la più probabile.

209. La disposizione dei colori nello spettro solare ha fatto sospettare a taluni Fisici che certi colori risultassero dalla soprapposizione di due colori, e che perciò il numero dei raggi coloriti fosse più limitato; così l'arancio posto tra il rosso e il giallo risultasse dalla riunione di questi due, parimente il verde è posto tra il giallo e il blù; e ciò è convalidato da quello che si pratica nelle arti, cioè che il miscuglio del giallo e del blù dà il verde, e che l'arancio è formato spesso dalla riunione del rosso e del giallo. È vero che se si riuniscono con una lente il giallo e il rosso dello spettro si ha l'arancio, e della stessa maniera si ha il verde dalla riunione del giallo e del blù; ma questi verdi e questi aranci diversificano da quelli dello spettro, dacchè i primi attraversan-

do un altro prisma si risolvono nei colori elementari; e quelli dello spettro restano indivisibili e inalterati.

Newton provò con accurati sperimenti che il raggio violetto il più refrangibile trá i diversi raggi coloriti è parimente il più reflessibile, e che la reflessibilità in essi va collo stesso ordine di refrangibilità.

210. Le osservazioni di Newton provano che i corpi che appariscono bianchi reflettono ugualmente tutt'i colori della luce, e che i corpi che compariscono coloriti sono di tal natura che reflettono più abbondantemente taluni raggi e assorbiscono il resto; i corpi poi che compariscono neri sono quelli che assorbiscono quasi interamente la luce che essi ricevono. Questi risultati sono dedotti da fatti eseguiti colla massima scrupolosità.

I colori che noi osserviamo nei corpi coloriti difficilmente possono rassomigliare a quei dello spettro solare; ciò dipende probabilmente dacchè i corpi non reflettono la luce di un solo colore fondamentale semplice, e perciò non può avvenire che i colori in essi corrispondono a quelli dello spettro solare. L'esperimento seguente dimostra che i colori artificiali i più puri rassomigliano fino ad un certo punto ai colori dello spettro solare. Dividete la superficie di un piatto in sette settori corrispondenti alla estensione dei colori dello spettro solare, ed in ciascuna porzione imitatene i colori al più che si può; allorchè farete girare il piatto con grande rapidità, apparirà totalmente bianco. Questo esperimento ha la sua dimostrazione nel modo seguente; le impressioni successive che riceve la retina non spariscono immediatamente; perciò noi proviamo quasi la stessa sensazione quando molti colori si succedono precipitosamente, che quando i raggi pervengono in pari tempo nell'occhio e si confondono realmente.

211. Un'altra osservazione da non essere trascurata nella considerazione dei colori prismatici è la seguente, che quando si guarda attraverso del prisma una superficie alquanto

estesa e di un sol colore, questa sembra uniformemente colorita nel mezzo, tuttochè questo colore uniforme fosse realmente composto; il che si dimostra facilmente: dappoichè ciascun raggio che parte da quella superficie è in effetti decomposto dal prisma nei diversi colori, ma questi colori variati che vengono da punti vicinissimi si fondono di nuovo insieme soprapponendosi in parte, perciò formano in questi punti un sol colore, e solamente negli estremi diversificano i colori.

Effetti della dispersione dei colori nei vetri ottici.

212. Le lenti come abbiam detto possono considerarsi prodotte dall'accozzamento di tanti piccoli prismi, perciò scompongono la luce che ricevono dagli oggetti, dando origine alle imagini alterate per la diffusione dei fuochi. Nel mezzo di queste imagini la colorazione è insensibile, come abbiamo detto di sopra, perchè la riunione dei diversi colori riproduce la luce bianca, ma su i bordi si formano le france incandescenti, che sfigurano le imagini. Questo difetto è distinto col nome di alterazione di refrangibilità.

Dippiù la figura sferica dei vetri lenticolari, non permette che ai soli raggi molto vicini all'asse di concorrere sensibilmente in un punto comune; e perciò i raggi più lontani sono più refratti e tagliano l'asse al di quà del fuoco comune dei raggi precedenti; e avviene così che il fuoco di tutti i raggi luminosi emanati da uno stesso punto dell'oggetto non è un punto unico, e ne nasce la confusione nella imagine. Questo difetto che si osserva in tutti gli strumenti diottrici chiamasi aberrazione di sfericità.

Dell'Iride o arco baleno.

213. Le conoscenze della scomposizione della luce per la

refrazione ci mette nel caso di dare una dimostrazione fisica dell'arco baleno.

Antonio de Dominis pare che sia stato il primo a tentarla con qualche successo; Cartesio la riformò dando più precisione nell'andamento dei raggi; e Newton la perfezionò.

Le condizioni indispensabili per le apparizioni di questa meteora sono: 1°. la presenza del sole sull'orizzonte ad una altezza non maggiore di 54°; 2°. la risoluzione di una nube in pioggia; 3.° che l'osservatore sia colle spalle al Sole e rivolto verso la nube che produce la pioggia; 4°. finalmente che la luce diretta non sopprima la debole luce reflessa dalla nube.

Si osservano quasi sempre due archi concentrici, ciascuno de'quali offre i colori dello spettro solare; cosicchè nell'arco interno i colori, incominciando dall'alto, sono disposti nell'ordine seguente: rosso, arancio, giallo, verde, blù, indago, e violetto; e nell'arco esterno l'ordine dei colori è inverso, cioè il violetto è nella parte di sopra indi sussecutivamente gli altri; e con difficoltà si osserva un terzo arco.

210. Per dimostrare cotesto fenomeno dobbiamo aver presente ciò che succede in un piano che supporremo menato per l'astro, pel centro della goccia di acqua, e per l'occhio dell'osservatore. Posto ciò supponiamo SI un fascio di raggi solari (Fig. 87) che nella sua incidenza in I si divida in due porzioni, delle quali una penetra nella goccia subendo la refrazione ordinaria, e l'altra si reflette; la porzione refratta giunta ch'è in I' si suddivide, cosicchè una parte esce dalla goccia, e l'altra si reflette andando a colpire la goccia in I'' che refratta pel passaggio nell'aria può incontrare l'occhio dell'osservatore collocato in O. La posizione di quest'ultimo relativamente al Sole fa vedere chiaramente che la luce la quale non ha subito due refrazioni è perduta per lui perchè non può colpire il suo occhio.

Il raggio emergente in I'' prova una dispersione all'intutto simile a quella che subirebbe se uscisse dal prisma, e chia-

mati l''R, l''V i due raggi estremi; l'occhio riceverà nel piano che noi abbiamo supposto una mescolanza di raggi dimodochè la sensazione sarà confusa, e l' impressione sarà debole a cagione della dilatazione del fascio, e della perdita fatta nel passaggio della luce attraverso la goccia. Laonde affinchè, l'occhio avesse una sensazione viva dei diversi colori, bisognerà che ciascuno di questi colori offra un fascio di raggi non divergenti, ma paralleli nella loro emergenza; per la qual cosa cotesti raggi sono stati chiamati efficaci.

215. Si può conoscere o coll'esperienza, o mercè il calcolo sotto quali condizioni si producono i raggi efficaci; noi peraltro indicheremo la via della sperienza.

Se si fanno cadere un numero di raggi luminosi sopra una goccia di acqua sferica (Fig. 88) e si cerca l'angolo di deviazione, vale a dire l'angolo formato dal raggio incidente percorso dall'osservatore, si trova che esso è nullo sotto l'incidenza perpendicolare, e che aumenta fino ad un certo limite d'incidenza uguale a circa 59°. 30'. per i raggi rossi; questa deviazione è di 42°. 1'. 40''. per una sola reflessione interna. Perciò i raggi poco lontani e paralleli, cadendo sotto questa incidenza sulla goccia ne scapperanno parallelamente, quantunque fosse di 42°. la deviazione generale del fascio.

216. Da tutto l'esposto chiaramente si rileva che l'occhio situato ad una gran distanza dalla goccia, non è affetto che da questi raggi; poichè essi, atteso il loro parallelismo, hanno conservata la loro densità, mentre che gli altri si sono indeboliti per la dilatazione. Or se suppongasi un seguito di gocce disposte circolarmente in modo da formare la base di un cono di cui il Sole sia al vertice; un osservatore collocato sull'asse riceverà i raggi coloriti e li riceverà nel medesimo tempo da tutti questi globuli; e la striscia circolare così formata avrà una certa larghezza a cagione dell'apertura della prunella. Noi abbiamo trovato 59°. 30' per l'incidenza che dà il *maximum* di deviazione de'raggi rossi, nel caso di una sola reflessione; troveremo pel *maximum* di deviazione dei

raggi violetti 40°. 16′. sotto l'incidenza di 58°. 40′.; che perciò i colori intermedi daranno deviazioni comprese fra 42°. e 40°.

Il valore degli angoli di deviazione dimostra perchè nel caso di una sola reflessione, la parte inferiore dell'arco è violetto e la parte superiore è rossa; succedendo il contrario per due reflessioni; in effetti in quest'ultimo caso gli angoli di deviazione sono di 50°. 58′. per i raggi rossi, e di 54°. 9′. per i raggi violetti.

213. Premesso ciò (La Fig. 89) rappresenta fedelmente l'aspetto dell'arco baleno. Il Sole supposto a distanza infinita in S, lo spettatore in O, e la pioggia in vr, v′r′.

Si conosce benissimo l'immobilità dell'arco baleno, malgrado la caduta continuata delle gocce di acqua nella pioggia; poichè le gocce essendo rimpiazzate da altre che occupano lo stesso posto, è come se le prime fossero immobili.

Esaminiamo ora la larghezza dei due archi: La linea SOA (Fig. 90) essendo parallela alla direzione dei raggi solari sv, sv′ (a cagione della distanza immensa di quest'astro) gli angoli AOv, e AOr sono uguali agli angoli SvO e SrO come alterni interni.

La larghezza apparente dell'arco interno è dunque la differenza tra i valori degli angoli di deviazione per i raggi rosso e violetti, vale a dire 1°. 45′.; la larghezza apparente dell'arco esterno è 3°. 10′.; la distanza apparente tra i due archi è 8°. 57′. Queste dovrebbero essere le dimensioni e le distanze tra i due archi se il Sole fosse un punto; ma quest'astro ha un diametro apparente di 30′. circa. Dal che segue che se noi consideriamo gli archi di sopra determinati come prodotti dai raggi emanati dal centro del disco solare, la larghezza di questi archi sarà aumentata di 30′; il che porta la larghezza dell'arco interno a 2°. 15′., e quella dell'arco esterno a 3°. 40′., e la distanza tra i due archi sarà ridotta a 8°. 27′: di fatti queste dimensioni determinate col calcolo sono conformi a quelle che danno le osservazioni.

Inoltre la parte visibile dell'arco baleno non è sempre la stessa; poichè quando il Sole è all'orizzonte, l'arco appare sotto la forma di un mezzo cerchio; e a misura che il Sole si eleva, l'asse della visione ch'è nel medesimo tempo quello del cono formato dai raggi efficaci, s'abbassa di maniera che l'arco va diminuendo; finalmente l'arco interno scomparisce quando il Sole trovasi a 42°. al di sopra dell'orizzonte; e l'arco esterno non cessa di essere visibile, che quando l'altezza del Sole è di 54°. E sarà facile intendere che un osservatore situato in un punto eminente, essendo il Sole all'orizzonte, può vedere ancora un cerchio intero.

Della doppia refrazione e della polarizzazione della luce.

218. I corpi cristallizzati la cui forma non è nè un cubo nè un ottaedro hanno la proprietà di dividere il raggio refratto in due parti ben distinte; una perchè segue la legge ordinaria della refrazione è detta raggio ordinario; l'altra parte chiamasi raggio straordinario, e segue un andamento molto più complicato. Questo fenomeno fu osservato per la prima volta da Erasmo Bartolin.

Lo sviluppo di cotesto fenomeno ha esercitato la sagacità dei sapienti i più distinti alla testa dei quali bisogna mettere Huyghens e Newton. Il primo ne aveva scoperta la vera legge, ma fu rigettata senza esame perchè si trovava legata al sistema ondulatorio. I travagli di Malus in Francia e di Wollaston in Inghilterra hanno fissato di nuovo l'attenzione dei fisici su questo fenomeno, e hanno dimostrato che la costruzione d'Huyghens n'era la rappresentazione fedele.

Nei cristalli ove le leggi della doppia refrazione sono ridotte alla loro più grande semplicità; vi è sempre una certa direzione attorno alla quale le cose si operano della stessa maniera in tutt'i lati, la linea che marca questa direzione chiamasi asse del cristallo. Evvi i cristalli in cui la somiglianza intorno all'asse non ha luogo, e ove si manifestano due di-

rezioni particolari più o meno inclinate fra loro, che rappresentano fenomeni simili a quei che si osservano seguendo l'asse: quando tutto è simile attorno di loro questi cristalli sono detti a due assi, e i primi sono cristalli ad un asse. Noi particolarmente di questi ci occuperemo in seguito.

219. Nello spato d'Islanda il fenomeno della doppia refrazione è stato ravvisato per la prima volta, è in una delle sostanze che lo produce con più energia.

Si chiama sezione principale il piano menato per l'asse perpendicolare alla faccia del cristallo; asse di refrazione la linea che unisce i due angoli triedri ottusi, e questa linea è ugualmente inclinata sulle facce del cristallo. Pei raggi incidenti poi perpendicolari alla faccia del cristallo, la deviazione del raggio straordinario si fa sempre seguendo il piano della sezione principale; e questa deviazione diviene nulla ogni qualvolta i raggi traversano il cristallo parallelamente o perpendicolarmente all'asse, come si vedrà in appresso.

220. Se si situa un romboide di spato d'Islanda sopra una linea, e che si faccia girare, vi sarà una sola posizione nella quale non si vedrà che una sola imagine, e questa sarà quella ove l'occhio e la linea saranno nel piano della sezione principale. Se si continui a girare il cristallo la linea si divide in due parti, in una l'imagine ordinaria resta immobile, nell'altra l'imagine straordinaria si muove col cristallo. Se si sostituisce un punto alla linea, si vedono due imagini in tutte le posizioni; e solamente in quella ove la linea sembra unica, le due imagini del punto e l'occhio saranno in uno stesso piano (ch'è la sezione principale).

Sia un raggio incidente SI (Fig. 91) nel piano della sezione principale inclinato o perpendicolare alla superficie, esso si dividerà in due raggi IO ed IE che saranno contenuti ancora nel piano della sezione principale, e che giunti alla faccia inferiore del romboide, usciranno per EH e per OK parallelamente al raggio incidente.

Se il raggio incidente SI (Fig. 92) si trovi in un piano

differente di quello della sezione principale, il raggio straordinario si scosterà dal piano d'incidenza, ma i due raggi emergenti non usciranno parallelamente al raggio incidente.

221. Malus ha misurato l'amplitudine EO con una via semplicissima, ch' è stata adottata da tutt' i fisici. Questa consiste nel tracciare sopra una riga di avorio un triangolo rettangolo ABC di cui il lato AB abbia con gli altri lati il rapporto indicato dalla (Fig. 93), e questi due lati BC ed AC siano divisi in parti uguali. Si guardi il triangolo attraverso del romboide si vedrà doppio, e per ciascuna posizione il lato AC dell'imagine ordinaria è rotto in un certo punto I' dal lato B'C' dell'imagine straordinaria. Le divisioni segnate su i lati AC e BC faranno conoscere la disposizione del punto I', e prendendo su BC una quantità IC=I'C', si hanno due punti I ed I' tali che l'imagine straordinaria del primo si confonde con l'imagine ordinaria del secondo; e basta marcare sulla superficie superiore del romboide, la posizione del punto dove si produce l'imagine simultanea dei due punti I ed I' e di prendere la grossezza del cristallo per calcolare l'angolo compreso tra i raggi ordinario e straordinario.

Le due prime sperienze ci hanno istruito che il raggio straordinario è rigettato verso l'angolo A dimodochè sembra risedesse nell'asse del cristallo una forza repulsiva, la cui azione si esercita sopra una parte del raggio incidente che forma il raggio straordinario. Assoggettiamo queste idee alla sperienza: tagliamo un romboide di spato d'Islanda con due piani perpendicolari all'asse AB, e sépariamo le due piramidi triangolari (Fig. 94); un raggio incidente SI che cade perpendicolare all'una o all'altra delle due facce artificiali del cristallo non verrà affatto diviso. In effetti in questo caso, la forza repulsiva deve essere nulla sopra un raggio parallelo all'asse.

222. Se il raggio incidente SI è inclinato alla faccia artificiale la refrazione è doppia e l'angolo compreso tra il raggio ordinario e il raggio straordinario è costante per una

stessa inclinazione, qualunque sia il piano d'incidenza, che non ha luogo per le facce perpendicolari all'asse. Questo risultato dimostra che la forza repulsiva agisce a partire dall'asse, per tutt'i lati con la stessa energia.

223. Sia ancora un cristallo tagliato in forma di parallelepipedo (Fig. 95) di tal maniera che lo spicolo AA' sia parallelo all'asse del cristallo; quattro facce saranno parallele a questo asse, e due le saranno perpendicolari. Cadendo il raggio SI (Fig. 96) obliquamente sulle facce parallele all'asse e in un piano perpendicolare al medesimo asse, allora de' due raggi che restano nel piano d'incidenza, la deviazione del raggio straordinario è meno di quella del raggio ordinario; e questo caso è quello in cui i due raggi si allontanano dippiù l'uno dall'altro. (1)

Se nel medesimo piano perpendicolare all'asse si fa variare l'angolo d'incidenza, si trova che vi sarà tanto per i raggi straordinari come per gli ordinari un rapporto costante tra i seni degli angoli d'incidenza e di refrazione.

224. Per lungo tempo si è creduto che la proprietà di duplicare le imagini apparteneva assolutamente allo spato d'Islanda; ma le ricerche moderne hanno fatto conoscere che siffatta proprietà trovasi in un gran numero di altre sostanze.

(1) L'osservazione ha dimostrato, che i raggi che attraversano un cristallo in direzione parallela al suo asse hanno la medesima velocità, e che le velocità di propagazione presentano la massima differenza quando i raggi sono perpendicolari all'asse. La velocità di propagazione dei raggi ordinari è la stessa in tutte le direzioni. Quella dei raggi straordinari varia al contrario con l'angolo che essi fanno coll'asse. Le sperienze di Huygens, di Wollaston e di Malus sullo spato d'Islanda, e quelle di Biot sul cristallo di rocca dimostrano che la differenza fra i quadrati delle velocità di propagazione dei raggi ordinari e straordinari è proporzionale ai quadrati dei seni degli angoli che le direzioni di questi fanno con l'asse (nella ipotesi dell'emissione), o all'unità divisa pel medesimo quadrato (nella ipotesi delle ondulazioni).

Si deve al Signor Biot una distinzione importante ed è; che alcuni cristalli come lo spato d'Islanda, il fosfato di calce, il berillo, la tormalina ecc. hanno un asse repulsivo; gli altri come il cristallo di rocca, il solfato di barite, il topazio, il solfato di calce ecc. hanno un asse attrattivo.

Il Signor Biot aveva annunziato molto tempo prima esservi due assi nella mica. I Signori Vollaston e Brewster hanno determinato i primi con esattezza le direzioni e le proprietà di questi due assi in molti cristalli, tagliandoli perpendicolarmente a questi assi. Questi due assi sono in generale inclinati ugualmente sulle facce corrispondenti di cristallizzazione, e l'angolo che essi fanno tra loro varia nella maggior parte de' cristalli, per i raggi di diversi colori. Niuno per altro ha osservato i cristalli con tre assi.

Il Signor Fresnel ha riconosciuto che nei cristalli a due assi non vi sono raggi ordinari propriamente detti; o in altri termini che ciascuna porzione della luce che li attraversa non si refrange costantemente seguendo la legge di Descartes.

Polarizzazione della luce.

225. La luce modificata dalla reflessione sotto un'incidenza particolare, o dalla refrazione attraversando un romboide di spato d'Islanda, manifesta proprietà differentissime secondochè si presenta una superficie reflessiva in una data posizione per rapporto a suoi raggi. Questo fenomeno ha ricevuto il nome di polarizzazione.

La luce attraversando un romboide di spato d'Islanda, o in generale un cristallo dotato della doppia refrazione subisce un cambiamento nella sua natura.

1.° Se i due fasci provenienti da un primo cristallo cadono perpendicolarmente sopra un secondo cristallo, in cui tutte le facce sono parallele a quelle del primo, non si osserva alcuna divisione. Il fascio che proviene dalla refrazione or-

dinaria del primo cristallo si refrange ordinariamente nel secondo cristallo, ugualmente il fascio straordinario del primo cristallo resta straordinario nel secondo cristallo.

2.° Quando le sezioni principali sono ad angolo retto il fascio che proviene dalla refrazione ordinaria del primo cristallo è refratto straordinariamente nel secondo cristallo, e viceversa. In questo caso e nel precedente non si hanno che due imagini; ma in tutte le posizioni intermediarie alle due precedenti ciascun fascio si divide in due altri nel secondo cristallo, e perciò si osservano quattro imagini.

3.° I due fasci prodotti dalla trasmissione del fascio ordinario attraverso del secondo romboide, non sono di uguale densità se non quando la sezione principale del primo fa un angolo di 45°. con quella del secondo; per tutte le altre posizioni li due fasci o le due imagini che essi formano hanno densità ineguali; dippiù l'imagine straordinaria svanisce intieramente e l'imagine ordinaria perviene al suo massimo splendore, quando la sezione principale del romboide è parallela a quella del primo; e quando poi le due sezioni principali sono ad angolo retto, l'imagine ordinaria scomparisce e l'imagine straordinaria acquista il massimo splendore. Succede l'inverso pel fascio straordinario. Il raggio ordinario nello spato d'Islanda è polarizzato seguendo il piano della sezione principale, e il raggio straordinario lo è seguendo un piano perpendicolare a questa medesima sezione.

226. Se si riceve sopra un romboide di spato d'Islanda perpendicolarmente alla sua superficie un fascio reflesso da uno specchio polito e non stagnato posto sotto l'angolo di 35°. 25'. contato dalla superficie; si osserverà che vi sono due posizioni nelle quali questo fascio non prova alcuna divisione pel suo passaggio nel cristallo, e sono quelle in cui la sezione principale è parallela o perpendicolare al piano di reflessione. Il fascio trasmesso nel caso del parallelismo gode la proprietà del fascio ordinario; e quello trasmesso nel caso

della perpendicolarità ha tutte le proprietà del fascio straordinario.

Se si fa girare il cristallo si osserva che le due imagini prodotte dal fascio sono di uguale densità quando il piano di reflessione fa un angolo di 45°. con la sezione principale del cristallo; per le altre posizioni le densità sono ineguali, e l'ineguaglianza è tanto maggiore a proporzione che il piano di reflessione si allontana dippiù dai 45°. Risulta da queste sperienze che la luce reflessa sotto l' angolo di 35°. 25'. sopra uno specchio polito si comporta precisamente come il fascio ordinario che esce da un cristallo la cui sezione principale è diretta nel piano della reflessione.

Se si riceve sopra un secondo specchio CD (Fig. 97) un fascio già reflesso da un primo specchio AB sotto l'angolo di 35°. 25'., e che si dispone il secondo specchio in maniera che l'incidenza si faccia sotto il medesimo angolo che sulla prima faccia: ecco ciò che si osserva quando si fa girare lo specchio CD in modo che esso riceve costantemente il fascio luminoso sotto l'angolo di 35°. 25'.; quando il piano di reflessione del secondo specchio coincide col piano di reflessione del primo, la densità della luce reflessa dal secondo specchio è al *maximum*; e quando poi il secondo piano è diretto perpendicolarmente al primo non si ha luce reflessa; dunque vi sono due posizioni in cui la luce reflessa è al suo *maximum*, e due altre in cui scompare in totalità.

227. Queste sperienze ci dimostrano la polarizzazione della luce sì per reflessione, sotto una incidenza particolare, che per refrazione attraversando un romboide di spato d'Islanda; così un raggio polarizzato presenta nella lunghezza di ciascuna delle sue facce proprietà particolari, mentre che le facce di un raggio ordinario godono proprietà perfettamente simili. Dal che si è condotto a supporre che un raggio di luce ordinaria si compone, in una estensione limitata, di una infinità di particelle infinitamente piccole, ciascuna delle quali è polarizzata in un senso particolare, dimodochè in ciascun

lato che si considera questo raggio presenta, in una lunghezza determinata, un numero uguale di porzioni infinitamente piccole similmente polarizzate.

I fenomeni della polarizzazione per reflessione sono stati osservati per la prima volta dal signor Malus.

228. Si è convenuto dire che il fascio reflesso dal vetro sotto 35°. 25'. sia polarizzato nel piano della reflessione, e parimente che il fascio ordinario uscito da un romboide di spato d'Islanda sia polarizzato nel piano della sezione principale. Conseguentemente si dovrà dire del fascio straordinario, che esso è polarizzato perpendicolarmente alla sezione principale, poichè abbiamo osservato che presenta in questo senso le medesime proprietà del fascio ordinario nel piano della sezione principale.

Uno dei risultati delle osservazioni di Malus è che quando un fascio si polarizza compiutamente alla prima superficie di una lamina a facce parallele, il fascio refratto cade sulla seconda superficie sotto un angolo proprio alla polarizzazione compiuta; il che mostra che il seno dell'angolo di polarizzazione sulla seconda superficie è al seno dell'angolo di polarizzazione sulla prima nel rapporto dei seni degli angoli di refrazione e d'incidenza (Malus pag. 225).

229. Se si fa arrivare sopra una lamina a facce parallele un fascio che scappa alla reflessione sulla prima faccia, scapperà ugualmente sulla seconda, e si condurrà allo stesso modo per rapporto ad una seconda e ad una terza lamina. Inoltre se si farà fare a tutto il sistema un quarto di rivoluzione, la luce in vece di essere trasmessa in totalità sarà reflessa; dal che si ricava la seguente conseguenza degna di considerazione, ed è che per sola differenza di posizione, lo stesso pezzo di cristallo può divenire alternativamente opaco e trasparente.

La porzione di luce trasmessa, quando si riceve in un romboide di spato d'Islanda perpendicolarmente alla sua superficie un fascio di raggi reflessi da uno specchio polito e non

stagnato, come superiormente è detto, possede le proprietà analoghe a quelle di cui è dotata la luce reflessa; solamente si trova che essa non è giammai compiutamente polarizzata, a meno che non se li facciano traversare molte lamine; ed essa dà sempre due imagini pel suo passaggio attraverso un romboide di spato d'Islanda. Laonde si riconosce che ricevuta sopra una seconda lamina diafana non scomparisce che parzialmente, mentre la luce polarizzata per reflessione traversa compiutamente una seconda lamina che le vien presentata in una certa posizione. Finalmente dà ancora due imagini al *maximum* nel caso della perpendicolarità dei due piani di reflessione, e al *minimum* nel caso del parallelismo; sicchè è precisamente il contrario della luce reflessa.

230. Il Signor Arago ha riconosciuto coll'aiuto di sperimenti ingegnosi che la quantità di luce polarizzata per reflessione sulla superficie di un corpo diafano è uguale a quella che si polarizza per refrazione. L'enunciazione di questo principio rimarcabilissimo può essere generalizzato così; sempre che la luce si divide in due fasci (senza che vi sia assorbimento) la stessa quantità di luce polarizzata in uno si trova polarizzata nell'altro seguendo una direzione perpendicolare.

231. La polarizzazione della luce può esser prodotta da tutte le sostanze diafane, e solamente l'angolo ne è variabile: così quest'angolo sarà di 35°. pel vetro, di 37°. per l'acqua. Il Signor Brewster ha scoperto a questo riguardo una legge semplicissima, ed è; che l'angolo sotto il quale la polarizzazione compiuta si produce ha per tangente il rapporto del seno dell'angolo d'incidenza al seno dell'angolo di refrazione; per altro rimane ancora indeciso se questa legge sia rigorosa o approssimativa. Sotto le altre incidenze la polarizzazione non è che parziale; vale a dire che la luce reflessa dà in tutte le posizioni due imagini attraversando un romboide di spato d'Islanda. Bisogna dire però che il *maximum* di densità di queste imagini corrisponde sempre alle medesime direzioni della sezione principale. Finalmente quando i

fasci sono perpendicolari o quasi paralleli alla superficie, la luce reflessa non presenta più alcuna traccia di polarizzazione; vale a dire la luce reflessa attraversando un romboide di spato d'Islanda dà due imagini di uguale densità in tutte le posizioni.

232. Molti corpi opachi che non godono di una potenza refrattiva grandissima, come il marmo le vernici nere ed altri, possono imprimere una polarizzazione compiuta ai raggi che essi reflettono regolarmente sulle loro superficie; mentre che altri corpi perfettamente diafani o semi trasparenti, ma di gran forza refrattiva, come il diamante e il vetro di antimonio non la polarizzano giammai perfettamente, e le sostanze metalliche poi sono quelle che meno polarizzano la luce di quello che esse la reflettono; anche sotto le incidenze le più favorevoli.

233. Le osservazioni dei Signori Arago e Fresnel c'istruiscono che i raggi polarizzati non esercitano influenza gli uni su gli altri quando i loro piani di polarizzazione sono perpendicolari tra essi; vale a dire, che essi non formano più le frange, quantunque tutte le condizioni necessarie alla loro apparizione, nel caso ordinario, sono compiutamente riempite (vedete più innanzi il principio d'interferenza). Se in questa sperienza si fa in modo da scostare il piano di polarizzazione dalla perpendicolarità, per tal modo si perviene, sempre a far apparire la frangia.

Si sa che quando un fascio di luce polarizzato attraversa un romboide di spato d'Islanda in cui la sezione principale è parallela al piano di polarizzazione, l'imagine straordinaria svanisce. Il signor Arago ha osservato che l'imagine ricomparisce quando si situa avanti al romboide una lamina cristallizzata fornita di doppia refrazione in cui la sezione principale non è nè perpendicolare nè parallela al piano primitivo di polarizzazione: la sua densità diverrà anche uguale a quella dell'imagine ordinaria quando questa sezione principale è inclinata di 45°. al piano primitivo; in questo caso

come negli altri le due imagini sono bianche se la lamina interposta è molta doppia, almeno della grossezza di un millimetro pel cristallo di rocca, e il solfato di calce; ma se essa è più sottile le imagini si coloriscono in corrispondenza della minorazione della grossezza della lamina.

234. Il Signor Arago ha riconosciuto che la luce si emette dai corpi iridati solidi o liquidi (platino riscaldato al rosso, vetro in fusione) è parzialmente polarizzata per refrazione quando i raggi formano con la superficie da cui escono un angolo di un piccol numero di gradi. La luce emanata dai gas infiammabili non presenta sotto alcuna inclinazione tracce sensibili di polarizzazione; dal che il Signor Arago ha conchiuso che una quantità di luce che vediamo nei corpi iridati si forma nel loro interno, e indica le medesime vie d'osservazioni come opportune allo studio della costituzione fisica del Sole. I risultamenti di già ottenuti in questa ricerca confermano le congetture di Bode, di Schoeter, di Herschel sull'esistenza di una atmosfera solare. Evvi senza dubbio molti altri fatti sulla polarizzazione della luce; e chi desiderasse più esteso dettaglio su di ciò potrà consultare l'opera di Malus e gli annali di fisica e chimica.

Della diffrazione.

235. L'insieme delle modificazioni che la luce prova nel suo passaggio radente le estremità de'corpi, dicesi *diffrazione della luce.* Questa fu osservata per la prima volta e studiata con senno da Grimaldi.

Se s'introduce un fascio di luce in una camera oscura, per un'apertura di un picciolissimo diametro, si osserverà che le ombre dei corpi in vece di essere terminate nettamente da una linea che segna la separazione tra la luce e l'ombra, avvi tre frange colorite discernibilissime, di larghezze ineguali, andando progressivamente minorando dalla prima alla terza; Se il corpo interposto tra la luce e l'ombra fosse molto stret-

to, come sia un filo di ferro fino, si osserveranno altre frange nella sua ombra dimodochè questa pare divisa in bande oscure e in bande più chiare situate a distanze uguali l'una dall'altra. Queste ultime sono dette frange interne, e le prime frange esterne.

236. Per esperimentare la produzione delle frange, fate immettere in una stanza resa oscura un fascio di luce solare per una stretta apertura del diametro non maggiore di un decimillimetro praticata in una leggiera lamina metallica, e fate che uno specchio piano riceva questo fascio luminoso e lo refletta nella direzione orizzontale. Situate alla distanza di circa tre palmi un filo di ferro di un millimetro di diametro; se raccogliete sopra un cartone posto a 9 palmi di distanza dal buco, e per conseguenza a 6 palmi dal filo di ferro, l'ombra prodotta da questo, essendo il buco infinitamente piccolo, sarà di tre millimetri di larghezza (Fig. 98). Ma in questa sperienza la larghezza del diametro del buco diminuisce l'ombra pura; e poichè il diametro di questo buco è di un diecimillimetro, i raggi partiti dal centro sono lontani dai raggi spiccati dagli orli di un ventimillimetro; e poichè la distanza del cartone dal filo di ferro è doppia della distanza del filo di ferro dal punto luminoso, l'ombra pura sarà di un decimillimetro da ciascun lato. Questo spazio dovrebbe essere perfettamente privo di luce se i raggi non provassero alcuna inflessione nell'interno. Ma osservato attentamente si vedono nell'ombra pura quattro bande leggiermente luminose.

237. Questo fenomeno dovuto ad una inflessione che soffrono i raggi luminosi allorchè incontrano un ostacolo al loro libero passaggio è stato dimostrato diversamente. Newton, nel suo trattato di ottica (lib. 3.) non nega le frange esterne, che considera prodotte da un'azione attrattiva e repulsiva che soffrono i raggi luminosi nel radere le estremità dei corpi, e non ammette le frange interne. Per convalidare questa supposizione esso inventò l'ingegnosa teorica delle acces-

sioni nella quale supponeva le molecole luminose predisposte, dal momento della loro partenza ad essere trasmesse o reflesse, attirate o respinte; ma è impossibile intendere queste azioni tanto diverse, e dippiù lo sperimento del Signor Fresnel dimostra che le bande diffratte hanno lo stesso splendore, e la stessa disposizione sia che siano state prodotte dal dorso, che dal taglio di un rasoio da barba. Or se fosse come diceva Newton, le bande diffratte in questo sperimento dovrebbero aumentare o minorare in ragione della massa della natura del corpo interposto. Questo sperimento dimostra la non influenza delle masse; e gli sperimenti eseguiti dai Signori Malus e Bertholet provano la simiglianza nei fenomeni della diffrazione prodotta da materie di diversa natura.

I partigiani del sistema delle ondulazioni, fan dipendere le frange interne dal concorso di due fasci luminosi che passano per i lati del corpo stretto, e propriamente dall'influenza scambievole di questi fasci, che s'inflettono nell'ombra del corpo; dappoichè intercettando uno di questi fasci le frange interne dispaiono compiutamente. Nell'ipotesi della emissione ciascun fascio producendo nell'interno dell'ombra una luce continua, la riunione dei due fasci dovrebbe produrla ugualmente non ostante la loro mescolanza. Si può parimente sperimentare l'influenza simultanea dei raggi luminosi facendo passare la luce prodotta da un punto raggiante qualunque per due buchi vicinissimi; si osservano allora nella parte intermedia alcune linee oscure e brillanti, risultanti dall'azione scambievole di questi due fasci; e queste scompariscono quando si chiude uno dei buchi.

238. Il Dottor Ioung a cui sono dovuti gli anzidetti sperimenti ha dichiarata la produzione delle frange esterne come prodotte dall'interferenza dei raggi diretti e dei raggi reflessi dai bordi. Ma l'esperimento del rasoio, rapportato dianzi, si oppone a questa dimostrazione; poichè se il fatto fosse a seconda dell'idea di Ioung, il dorso del rasoio reflet-

tendo maggior quantità di luce del taglio, dovrebbe parimente produrre strie più brillanti; il che non accade.

Il Signor Fresnel dimostra queste frange, considerando ciascun punto delle onde luminose incidenti come centro d'ondulazione, dal che si può facilmemte comprendere che l'oscurità, vale a dire la cessazione del movimento, può esser prodotta dalla coincidenza di due onde nel medesimo luogo purchè queste s'incontrino in direzioni opposte; e su questo principio poggia la teorica delle interferenze.

Teorica delle interferenze.

239. La influenza scambievole dei raggi luminosi fu osservata per la prima volta da Grimaldi, ma il Dottor Ioung fu il primo a scoprire che in taluni casi la luce aggiunta alla luce produce oscurità; facendoci conoscere la legge di questo fenomeno singolare, al quale diede il nome di fenomeno delle interferenze.

La legge è la seguente: quando due raggi che partono dallo stesso corpo luminoso s'incontrano in direzioni poco inclinate tra esse si distruggono scambievolmente se la differenza fra le lunghezze dei cammini che hanno percorso contiene un numero dispari di volte la lunghezza di una semiondulazione. Quando poi la differenza di cammino è nulla, o contiene un numero pari di volta la lunghezza di una semi-ondulazione i due raggi si rinforzano, e la luce che ne risulta è nella massima sua densità.

240. Circa la produzione dell'oscurità per l'addizione di due raggi luminosi n'è facile la dimostrazione nella ipotesi delle ondulazioni; ma non è lo stesso per l'ipotesi della emissione, anzi è una delle più forti obiezioni che oppongono i partigiani del sistema delle ondulazioni.

Le interferenze delle onde luminose possono paragonarsi a quello che succede sulle superficie delle acque tranquille, quando ricevono in due o più punti alcune spinte da una ca-

gione qualunque; si vedranno allora taluni punti di rincontro delle onde che si urtano, in cui le molecole del liquido restano immobili perchè animate da forze uguali, e altri in cui il livello si abbassa e si eleva sensibilmente producendosi il massimo accrescimento nel movimento per la cospirazione delle forze; negli altri punti poi l'andamento ondulatorio sarà più o meno energico secondochè saranno più prossimi al punto di opposizione perfetta, o di cospirazione assoluta.

La propagazione delle onde in un fluido elastico differisce da quella in un liquido; dacchè nel primo si effettuisce per l'elasticità del fluido, e nel secondo per la gravità del liquido; pur non tanto i risultati prodotti dalla interferenza hanno una stessa analogia.

241. Consideriamo in un modo generale due sistemi di onde, o due raggi di una luce omogenea che agiscono nel medesimo tempo sopra una stessa molecola di etere, e che seguono la stessa direzione di propagazione, o due direzioni che formano un angolo piccolissimo. Supponiamo che questi due sistemi della stessa lunghezza di ondulazione sieno in ritardo l'uno sull'altro di un certo numero intero o frazionario d'ondulazioni; sieno essi emanati dal medesimo centro di scuotimento, e che abbiano avuto origine in due tempi differenti; sia che partiti nel medesimo istante e abbiano percorsi cammini differenti prima di giungere al punto stabilito.

Se il ritardo è di un numero pari di semi-ondulazioni, essi tenderanno d'imprimere in ciascun istante alle molecole fluide le velocità di vibrazioni uguali e nella stessa direzione, e l'effetto della loro azione sarà quella di aumentare la densità della luce. Ma se il ritardo è di un numero dispari di semi-ondulazioni, i due sistemi di onde imprimono nello stesso momento alla molecola di etere velocità uguali, ma che agiscono in senso opposto; il risultato della loro azione sa-

rà il riposo della molecola, e l'effetto della loro azione produrrà l'oscurità.

242. Fresnel ha immaginato il modo che segue per verificare il fenomeno delle interferenze. Si fanno passare i raggi solari attraverso di una lente sferica di un cortissimo fuoco adattato in un buco praticato alla chiusura di una camera oscura, di maniera che si concentrano nel suo fuocò in uno spazio limitatissimo, che si considera come la sorgente dei raggi luminosi; e per avere una luce omogenea, si situa avanti la lente al di là del suo fuoco una lastricina di vetro colorata a facce parallele, che supponiamo esser di color rosso la quale non lascia passare che luce rossa sensibilmente omogenea. I raggi divergenti che partono dal fuoco della lente si fanno imbattere su due piccoli specchi piani metallici leggiermente inclinati tra loro, dimodochè i raggi da essi reflessi s'intersegano nello spazio formando un angolo molto acuto.

Sieno DE è DE (Fig. 99) le sezioni di due specchi leggermente inclinati tra loro ed L la sorgente luminosa. I raggi reflessi dai due specchi sembreranno partiti da due punti I ed I' simmetrici di L per rapporto alla loro superficie; si meni per O punto medio di II' la perpendicolare OME a questa retta; situato in E un parafuoco KEK perpendicolare ad OME; ecco i fenomeni che dovrà presentare la luce ricevuta sul parafuoco dopo il principio d'interferenza.

Le onde che propagano i due raggi reflessi GE e G'E giungono in E dopo aver percorsi i cammini uguali SGE = SG'E = EI = EI', a partire dalla sorgente; essi imprimeranno all'etere in tutti gl'istanti velocità di vibrazioni uguali, e con gli stessi segni, le quali daranno una velocità di vibrazioni risultante quasi uguale alla loro somma attesa la picciolezza dell'angolo IEI'; e perciò il punto E sarà doppiamente illuminato.

In un altro punto qualunque P del parafuoco le onde reflesse saranno in ritardo l'una sull'altra di una distanza PI'

— PI = p; se questa distanza p è uguale ad una semiondulazione della luce omogenea impiegata, le molecole dell'etere in P saranno in ciascun istante sollecitate ad acquistare velocità uguali, quasi direttamente opposte; perciò la loro velocità risultante sarà presso a poco nulla, e si dovrà avere in P la minima densità di luce; val quanto dire il punto P sembrerà nero paragonato al punto brillante E. Se poi la differenza p è uguale ad una ondulazione intera vi sarà accordo fra le vibrazioni apportate dalle due onde reflesse, poichè una sarà in ritardo sull'altra di una ondulazione intera o di due semi-ondulazioni, e il punto P sarà dunque brillante; e così di seguito. Da un punto brillante al punto oscuro seguente i due sistemi di vibrazioni apportati dalle due onde reflesse, passeranno dolcemente dalla concordanza alla discordanza di maniera che la densità della luce anderà progressivamente decrescendo sul parafuoco da una parte e dall'altra, dal punto E fino al punto oscuro vicino, per aumentare al di là, diminuire in seguito, e formare così successivamente le bande oscure e le brillanti.

Le osservazioni menano a'risultati conformi a queste conseguenze dedotte dalla teorica delle ondulazioni. Impiegando come abbiamo supposto la luce rossa sensibilmente omogenea, si veggono sul parafuoco le bande o frange rosse brillanti alternative con le bande oscure o quasi nere, ad eguali distanze l'una dall'altra, e parallele tra loro; in questa sperienza si osservano fino a 20 o 30 frange distinte, in cui la vivacità della luce va diminuendo a partire dal centro E ove si trova il rosso più vivo. Quest'ultimo decrescimento mena a ciò, che quantunque fosse omogenea la luce impiegata, non sarà mai sufficiente perchè possa riguardarsi come composta da un solo sistema di onde luminose della medesima lunghezza di ondulazioni; chè in realtà essa è composta di un gran numero di onde di differenti lunghezze di ondulazioni, che soprappongono i loro effetti sul parafuoco, dimodochè la larghezza delle frange non essendo la stessa per questi siste-

mi di onde deve succedere che in un punto P dal parafuoco pel quale p è uguale ad un numero sufficiente di ondulazioni di ciascuna specie, le bande oscure di molti sistemi di onde si soprapporranno alle bande brillanti di altri sistemi producendo differenze meno grandi fra le densità della luce delle due bande brillanti e oscure consecutive, e più lontano una luce uniforme.

243. Se si ripete la sperienza precedente sopra un'altra luce diversa dalla luce rossa si osserveranno ancora sul parafuoco le bande alternativamente brillanti e oscure, ma la larghezza delle frange sarà differente per ciascun colore. Finalmente se l'esperimento si esegue sulla luce naturale del sole si vedrà sul parafuoco una serie di bande proveniente dalla soprapposizione di tutti i gruppi di frange formati ciascuno da uno dei colori: la banda centrale sarà bianca, e si osserverà qualche banda brillante e oscura a dritta e sinistra, più lungi le bande iridate, e più lungi ancora una luce uniforme. Le considerazioni esposte bastano per dar conto di questo fenomeno composto.

244. In tutt'i casi le frange dispaiono compiutamente se s'intercetta uno dei fasci reflessi prima che arrivi sul parafuoco; il che prova la necessità del concorso dei due fasci per la formazione delle frange. Una condizione essenziale per la riuscita dell'esperienza dei due specchi si è che essi non sporgono in fuori per poco l'uno sull'altro nella linea del contatto; situandoli sopra un sostegno e fissandoli colla cera; e solamente si potrà spingere più o meno l'uno sull'altro per venire così a far nascere le frange nello spazio rischiarato per i due fasci reflessi.

245. Per aversi il fenomeno della interferenza bisogna che i raggi luminosi provenghino dalla stessa sorgente; non essendosi potuto ottenere alcuna apparenza di frange se i raggi che si presentano alla interferenza provenissero da due sorgenti differenti, dappoichè un corpo luminoso non può produrre per lungo tempo vibrazioni isocrone, dando luogo fa-

cilmente nella successione di queste vibrazioni a varie irregolarità. Ciò non impedisce che i raggi partiti dalla stessa sorgente subissero la interferenza, perchè i sistemi di onde che propagano sono soggetti alla stessa perturbazione; il che non può avvenire se i raggi partono da due sorgenti diverse; poichè il sistema di onde trasmesso da uno sarà alle volte in concordanza, e alle volte in discordanza coll'altro sistema cosicchè essendo troppo rapide e frequenti queste pertubazioni ci sono insensibili e ne risulterà una luce continua per l'occhio inabile a soffrire cambiamenti tanto bruschi e così irregolari.

246. Riprendiamo l'esperimento de'due specchi, sopra una luce omogenea. Si possono riguardare le due imagini I ed I' come due sorgenti identiche sostituite alla sorgente conica S, le onde reflesse saranno superficie sferiche avendo questi punti per centro. Per rappresentare i due sistemi di onde reflesse si descrivono con i centri I ed I' gli archi di cerchi discosti l'uno dall'altro da intervalli costanti ciascuno uguale ad una semi-ondulazione, e per distinguere i differenti movimenti, gli archi marcati da linee piene indicano le onde eteree che hanno subìto un numero pari di semi-ondulazioni, e quei marcati con linee punteggiate indicano le onde che hanno subìto un numero dispari di semi-ondulazioni. Dal che segue che nei punti d'intersezione di due linee della medesima specie si ha accordo perfetto e perciò il mezzo delle strisce brillanti; e nei punti d'intersezione delle linee di specie diverse si ha discordanza perfetta, o il mezzo delle bande oscure. Le intersezioni degli archi della stessa specie sono unite da linee punteggiate che indicano il mezzo delle strisce brillanti, e le intersezioni corrispondenti agli archi di specie contrarie sono unite da linee piene, e indicano il mezzo delle strisce oscure.

Da ragionamenti geometrici si può riconoscere che la larghezza delle frange è in ragione inversa della grandezza dell'angolo prodotto da' due fasci che producono il fenomeno dell'interferenza; ovvero la larghezza delle frange si accresce

a proporzione che le due imagini sono più ravvicinate tra loro e più distanti dal punto d'interferenza; e che l'intervallo tra il mezzo delle bande oscure e delle bande brillanti consecutive, è uguale alla lunghezza di una ondulazione divisa pel seno dell'angolo prodotto dalla intersezione de'raggi.

247. Evvi una infinità di cagioni per le quali si osservano frange come nella sperienza dei due specchi imaginati da Fresnel, e queste frange sono sempre iridate nella luce bianca e alternativamente brillanti e oscure nella luce omogenea; e cotesti diversi fenomeni si dimostrano mediante il principio d'interferenza; perciò oltre a quello conosciuto col nome di diffrazione di cui abbiamo parlato, diremo ora qualche cosa sul fenomeno degli anelli colorati.

L'apparecchio per produrre questo fenomeno consiste in una lente piano-convessa, la cui superficie convessa facesse parte di una sfera di gran raggio; questa lente si comprime colla superficie convessa contro la superficie di un cristallo a facce parallele, e si fanno imbattere nel sito del contatto un raggio luminoso di un sol colore, che supporremo il raggio rosso. In questo stato di cose l'occhio situato in O (Fig. 100) in circostanza atta a ricevere i raggi reflessi, vedrà una macchia nera nel punto del contatto C della lente col cristallo, e questa macchia nera è circondata da un anello rosso; questo da un secondo anello nero, questo da un terzo anello rosso, e così di seguito. Se l'occhio è situato in T atto a ricevere i raggi trasmessi per l'intermezzo dei cristalli vedrà una macchia rossa nel punto del contatto C, e questa circondata da un anello oscuro, indi un anello rosso, un'altro oscuro ecc; ma questi ultimi anelli sono di vivacità inferiore ai primi.

248. È difficile misurare direttamente la spessezza variabile degli strati gassosi compresi tra i vetri ai siti dei differenti anelli oscuri o colorati; e misurandosi i diametri dei diversi anelli e conoscendosi il raggio della superficie curva delle lente si ha; che le grossezze degli strati aerei interposti

obliquamente sull' apparecchio si osservano gli anelli più larghi.

Gli anelli colorati possono osservarsi nei cristalli ordinarii che hanno fenditure ripiene di aria o di altro fluido, in una bolla di sapone posta in balia di una corrente d'aria; e si osservano molti anelli concentrici quando l'occhio si situa nella verticale che passa pel suo punto di sospensione intorno a cui tutto è simmetrico.

Dei principali strumenti di Ottica.

250. Per dare un'applicazione dell'esposta teorica parleremo de' principali strumenti di ottica i quali sono formati o da lenti, o da specchi. Sotto questo rapporto adunque gli strumenti ottici possono dividersi in tre classi.

1.° In istrumenti diottrici composti di lenti.

2.° In catottrici fondati sulla sola reflessione della luce.

3.° Finalmente in catadiottrici combinati da lenti e specchi.

Microscopio semplice.

251. Il microscopio semplice è un istrumento di grande aiuto, particolarmente ai naturalisti: molti oggetti ancorchè posti a giusta distanza dal punto di veduta pure per la loro piccolezza e pel debole grado di luce da essi rinviata scappano all'osservatore il più diligente; perciò non producono nell'occhio un'impressione sufficiente.

Di fatti sia a b un piccolo oggetto (Fig. 101); questo, affinchè la luce potesse produrre una impressione sufficiente nel fondo dell'occhio dovrebbe essere situato vicinissimo a quest'organo; ma allora i raggi luminosi emanati da ciascun punto di quest'oggetto sarebbero troppo divergenti e il loro punto di concorso non si farebbe sulla retina, e l'imagine sarebbe confusa; però situata una lente di convergenza tra

l'occhio e l'oggetto essa dà ai raggi quel grado di divergenza che conviene alla divisione distinta, dimodochè l'osservatore riceve la luce sotto la medesima inclinazione, colla quale li arriverebbero da un oggetto a'b' situato a distanza ordinaria dalla visione, e crederà in fatti vedere l'oggetto a'b'. Il microscopio semplice adunque permette di vedere gli oggetti situati ad una piccola distanza, e l'ingrandisce in rapporto di ab ad a'b' o di od a OD, vale a dire sensibilmente nel rapporto della sua massima distanza focale alla distanza da che l'occhio vede nettamente gli oggetti.

Questo fenomeno richiede qualche sviluppo: od non è totalmente la massima distanza focale, ma la differenza da questa n'è piccolissima, poichè per la piccola estensione dell'apertura della pupilla, i raggi penetrano la lente con una divergenza che si avvicina molto al parallelismo, OD è un poco meno della distanza per la visione distinta, che si valuta a 22 centimetri; poichè l'occhio è situato dietro la lente.

È facile procurarsi microscopi per piccoli oggetti: Di fatti, praticate con uno spillo un piccolo buco in un foglio sottile di metallo, e introducendovi una goccia di acqua, la quale formerà nelle due superficie della lamina metallica due convessità sensibilmente sferiche; queste lenti avranno l'inconveniente di dissiparsi prontamente per l'evaporazione. Il Signor Brewster ha proposto di sostituire all'acqua una vernice trasparente; ma queste vernici non si conservano senza alterazione. Il Signor Sivright di Edimburgo propose di fare nelle foglie di platino della grossezza di un foglio di stagno diversi forellini del diametro di $1/_{20}$ ad $1/_{10}$ di pollice, e di fondere in queste aperture mercè la fiamma alcuni piccoli pezzetti di vetro che prendessero la forma sferica; potendosi benanche ai fogli di platano sostituire i fili di platino. Questi piccoli microscopi sono di una costruzione facile, e non presentano l'inconveniente di una pronta alterazione.

Microscopio Solare.

252. Il microscopio solare è rappresentato dalla (Fig. 102); esso è composto da uno specchio piano e da due lenti di convergenza.

Lo specchio piano p g è destinato alla refl ssione della luce solare, questa è concentrata sull'oggetto a b dalla lente m n: perciò l'oggetto dev'essere situato nel suo fuoco per ricevere la massima luce. Quest' oggetto illuminato si trova in faccia ad una seconda lente SH un poco al di qua del fuoco principale F; i fasci divergenti se partono dall'oggetto sono concentrati da questa lente e dipingono sopra un cartone a b convenientemente situato all'uopo, un'imagine dell'oggetto ab netta e ingrandita. La mobilità del cartone permette di situarlo in quel sito necessario onde ottenere più grande nettezza nell'imagine; e questa sarà tanto più grande per quanto l'oggetto sarà più vicino al fuoco principale, che non bisognerà mai oltrepassare. Per eseguire lo sperimento si adatti l'armaggio della lente m n ad un'apertura praticata in una finestra di una camera resa perfettamente oscura; lo specchio poi dovrà essere mobile per disporlo cosicchè la luce reflessa incontri la lente m n nella direzione parallela al suo asse.

Megascopio.

253. Il megascopio non differisce dal microscopio solare soltantò perchè questo è destinato all'esame di oggetti di gran dimensione; qualora il microscopio solare serve per esaminare piccolissimi oggetti. Collocate in a b (Fig. 103) un poco al di là del fuoco principale della lente un oggetto rovesciato; rischiarate quest'oggetto mercè uno o più specchi; situate nella camera oscura un cartone o un vetro pulito; vi osserverete l'oggetto dipinto sopra nella sua situazione naturale,

e potrete ingrandire l'imagine tanto più quanto voi ravvicinerete l'oggetto ab alla lente, senza oltrepassare il fuoco principale F.

Questo strumento proposto dal Signor Charles dà un ingrandimento da 1: 20, e con questo strumento il Signor Chossat ha determinate le curvature delle diverse parti dell'occhio.

Lanterna Magica.

254. La lanterna magica dall'altra parte differisce per poco dal megascopio; dappoichè gli oggetti con essa sono rischiarati dalla luce arteficiale, cioè quella lampada di cui essa è fornita e dippiù gode il vantaggio di essere trasportabile dovunque.

Fantasmagoria.

255. La fantasmagoria è una lanterna magica in cui si può avvicinare o allontanare l'oggetto dalla lente convergente, il che fa variare la grandezza dell'imagine, e si produce l'effetto dell'allontanamento o avvicinamento. Affinchè l'illusione sia compiuta bisogna far variare corrispondentemente la densità della luce.

Camera oscura.

256. L'andamento della luce nella camera oscura è lo stesso che nei due strumenti che abbiamo descritto.

La camera oscura è formata di una cassa di legno alla quale si adatta una lente convergente (Fig. 104), gli oggetti esteriori si dipingono nel fondo della camera in una posizione rovesciata ed impicciolita. Siccome la camera oscura serve particolarmente all'arte del disegno, si raddrizzano le imagini ricevendole sopra uno specchio piano mn inclinato di 45°. L'imagine si dipinge in a'' b'' sopra un vetro spulito, in modo che un osservatore, che dirige il suo sguardo verso l'og-

getto ab vede questa imagine in una posizione diritta. In vece di una lente biconvessa si può impiegare una lente concava verso l'oggetto, e una lente convessa verso l'imagine. Questa disposizione produrrà imagini più nette.

Vi sono certe costruzioni in cui si è sostituito alla lente ed allo specchio un prisma convesso concavo. La parte convessa è rivolta verso l'oggetto e la parte concava che fa un angolo retto con quella è girata verso la carta sulla quale si va a dipingere l'imagine. Questa costruzione ha qualche vantaggio sulle altre.

Microscopio composto

257. Il microscopio composto (Fig. 105) è formato da una lente mn rivolta verso l'oggetto chiamata oggettiva; e da una seconda lente PR chiamata oculare perchè in questa si adatta l'occhio.

Ecco l'andamento della luce nel microscopio composto. Sia b a un piccolo oggetto situato innanzi la lente m n al di là del fuoco F dei raggi paralleli; quest'oggetto produrrà una imagine rovesciata in a' b', tanto più grande per quanto l'oggetto sarà più vicino al fuoco F, e che potrà essere ricevuto sopra un vetro spulito o sopra una tela leggiera; ma viene ingrandita ancora dalla lente oculare, che non è altro che una lente. L'ingrandimento è tanto maggiore a proporzione che l'oggettiva e l'oculare hanno una distanza focale più corta; ma quest'ingrandimento ha un limite, tanto per le difficoltà di costruire regolarmente le lenti picciolissime, quanto per la necessità di conservare all'oculare una dimensione bastantemente grande. Il campo del microscopio composto, vale a dire lo spazio che la visione può abbracciare attraverso le lenti che lo compongono si trova limitato dal bordo dell'oculare.

Il microscopio composto ha ordinariamente tre tubi che si chiudono l'uno nell'altro. Al tubo più interno AB è situata

l'ombra, e chiamasi porta-oculare; questo tubo striscia a sfregamento in un tubo più largo FH, al basso del quale è fissata la lente oggettiva mn; e perciò si chiama porta-oggettiva. Si dispone in IK un diaframma circolare di un diametro conosciuto. Si fa muovere il porta oculare fino a che si fa vedere con molta nettezza il diaframma ch'è allora situato al punto ove devono essere condotte per la refrazione le imagini degli oggetti che si vogliono osservare. Innanzi all'oggettiva vi è un anello circolare, quest'anello è raddoppiato per ricevere una lamina di vetro ST sulla quale si situano gli oggetti. La costruzione è tale da poter avvicinare o allontanare l'anello dall'oggettiva.

È necessario illuminare bene gli oggetti che si vogliono esaminare; se essi sono trasparenti s'illuminano al di sotto mercè uno specchio concavo V'; situato al di sotto della lente mn; questo necessariamente situato al suo centro manderà la luce sugli oggetti.

L'istrumento siccome l'abbiamo descritto è il più semplice tra i microscopi composti. I microscopi i più in uso sono a tre lenti. La (Fig. 106) rappresenta uno di questi strumenti.

Senza la lente intermediaria m'n', l'imagine prodotta dall'oggettiva non anderebbesi a raffigurare in a' b'; qualora è concentrata in a''b''. Per mezzo dell'oculare essa è veduta in a'' b'''; ed è rovesciata come nel microscopio a due vetri. Delbarre ha costruiti certi microscopi in cui le oculari sono composte da cinque lenti.

258. Il Signor Selligues ha presentato all'Accademia delle Scienze un microscopio in cui la lente obiettiva è composta di quattro lenti acromatiche a due vetri sopprapposte; in questo strumento gli oggetti sono rischiarati da un prisma convesso. Il Signor Chevallier ne ha presentato uno alla Società d'incoraggiamento costruito secondo i dati di Eulero; vale a dire avendo una lente acromatica a due vetri, e un'oculare a due vetri. E siccome sarebbe difficile, ne' forti ingrandimenti, di costruire lenti acromatiche di un cor-

tissimo fuoco, così il Signor Chevallier soprappose due lenti di quattro linee di fuoco che equivalgono a una lente di due linee di fuoco.

Il Signor Amici di Modena inventore del microscopio catadiottrico, che in seguito descriveremo, ha ideato un microscopio la cui oggettiva è formata da due lenti acromatiche. ciascheduna composta da tre vetri che da un ingrandimento ed una precisione, che non si ha da altri simili strumenti.

Camera chiara.

La camera chiara immaginata da Wollaston consiste in un prisma di cristallo a base quadrangolare che ha uno degli angoli diedri retto, i due adjacenti a questo di 67° ½ ciascuno, e l'angolo opposto di 135.° Questo si dispone in modo che uno dei due piani dell'angolo retto sia colpito in direzione verticale dai raggi che partono dall'oggetto, i quali penetrano nel prisma, vanno a riflettersi su i due piani che formano l'angolo ottuso, ed escono dalla faccia orizzontale in direzione quasi verticale ed in molta prossimità dell'angolo acuto come si rileva dalla fig. 106 bis. Il Signor Amici ne ha migliorata la costruzione: essa consiste in un prisma di cristallo che ha per base un triangolo rettangolo isoscele, disposto in modo che il piano corrispondente all'ipotenusa è rivolto in giù orizzontalmente, e quello che corrisponde ad uno dei cateti incontra verticalmente una lamina di cristallo ben doppia che ha le faccie perfettamente parallele; i raggi che partono dall'oggetto s'imbattono sul piano corrispondente all'altro cateto si riflettono sull'ipotenusa uscendo dal prisma per l'altro piano ch'è in contatto colla lamina di cristallo, e dopo reflessi da questa prendono la direzione quasi verticale ascendente; come nella fig. 107.

Cannocchiale astronomico.

Questo cannocchiale componesi di due lenti convesse C e

G situate alle estremità di un tubo di legno di metallo o di cartone (Fig. 107. bis); la lente C perchè rivolta verso l'oggetto è detta oggettiva e ha una leggiera curvatura appartenendo ad una sfera di grande raggio, perciò ha il suo fuoco lontano in F; l'altra G rivolta verso l'occhio è molto convessa perciò ha una piccola distanza focale, ed è disposta in modo che il suo fuoco coincide perfettamente con quello della prima nel punto F. Con questo cannocchiale veggonsi distintamente gli oggetti situati a grandi distanze, che compariscono ingranditi e ravvicinati, ma in posizione rovesciata dall'alto al basso, e da destra a sinistra; come ciò avviene può rilevarsi dal ragionamento seguente.

L'oggetto AB essendo molto distante, vedesi assai piccolo e confuso ad occhio nudo; i raggi che esso tramanda potendosi considerare come paralleli attesa la grande distanza, sono refratti dall'oggettiva e vanno a riunirsi nel fuoco principale F: e sappiamo che i raggi che partono dal mezzo del l'oggetto AB attraversando l'oggettiva riunisconsi nel punto F dell'asse, parimente quelli che partono dalle estremità A e B hanno i loro fuochi in E e D sulle rette ACE e BCD menate pel centro ottico della lente C, dimodochè il fuoco F vivamente illuminato da questa riunione presenta una piccola imagine ED dell'oggetto AB. Siccome i raggi continuano il loro cammino dopo di essersi incrocicchiati, il punto inferiore B viene riportato nell'alto in D ed il superiore A nel basso in E; così l'imagine ED è rovesciata e posta al fuoco F dell'oggettiva: questa imagine bisogna vedere distintamente. L'oculare facendo l'effetto di un microscopio semplice l'ingrandisce, ed essa si vede ravvicinata ingrandita e rovesciata come si è detto.

L'ingrandimento è determinato presso a poco dal rapporto delle distanze focali CF ed FG delle due lenti. Di fatti ad occhio nudo il semidiametro dell'oggetto è veduto sotto l'angolo SCB o SCA formati dall'asse con i raggi estremi dell'oggetto; e quantunque l'occhio sia collocato in O la lunghezza

AO del cannocchiale può valutarsi come nulla in confronto della distanza dall'oggetto; l'angolo SCB è uguale a DCF. Da altra parte l'imagine DE è trasportata nel fuoco F, e la sua porzione FD è veduta sotto l'angolo GOL ch'è uguale a DGF, perchè il raggio emergente OL deve sortire parallelo al raggio principale GD. Or la grandezza degli oggetti essendo misurata dall'angolo ottico, perciò l'ingrandimento è nel rapporto degli angoli DCF, DGF; ma nei triangoli rettangoli DCF, DGF, è Tang. dell'angolo $DCF = \frac{DF}{FC}$, e Tang. dell'angolo $DGF = \frac{DF}{FG}$; e sostituendo queste tangenti agli angoli medesimi si avrà $DCF : DGF = \frac{DF}{FC} : \frac{DF}{FG}$ ovvero $= FG : FC$. Questo rapporto misura l'ingrandimento del cannocchiale; ed esso sarà tanto più grande per quanto l'oggettiva avrà una distanza focale più grande, e l'oculare una distanza focale più corta. La difficoltà di costruire grandi oggettive esenti da difetti, e la necessità di conservare all'imagine bastante luce assegnano un limite a questo ingrossamento che non oltrepassa 1000 a 1200 nei migliori cannocchiali astronomici.

Siccome la posizione del fuoco F dell'oggettiva dipende dalla distanza dell'oggetto, e che essa se ne allontana quando l'oggetto si avvicina; la posizione dell'oculare dovendo seguire l'imagine bisogna che sia disposta in modo da potersi allontanare ed avvicinare per dargli la posizione conveniente alla distanza dall'imagine; a questo modo il cannocchiale si rende opportuno anche per gli oggetti terrestri. Questa modificazione è anche necessaria per vedere gli oggetti celesti da quei che non hanno una vista regolare, poichè i miopi devono farla avvicinare dippiù all'oggettiva che i presbiti. Perciò costumasi fissarla in un piccolo tubo che si muove a sfregamento nel tubo del cannocchiale; anzi in taluni cannocchiali vi è un piccolo rocchetto posto nella canna ester-

na che vien mosso da un bottone, questo rocchetto fa azione in una sega dentata fissata nel tubo dell'oculare onde poter dare a questo un movimento preciso e fermarlo al punto in cui l'imagine si vede chiara e nitida.

Nel fuoco dell'oggettiva si situano due sottilissimi fili di aragno, di argento, o di platino ben tesi che s'intersecano ad angolo retto il cui punto d'intersezione è nell' asse del cannocchiale onde fissare particolarmente un punto dell'oggetto.

Questo cannocchiale la cui invenzione è dovuta a Keplero è preferito dagli Astronomi perchè assorbe meno luce, ha un campo maggiore, e può soffrire un'oculare di una distanza focale più piccola.

Cannocchiale Terrestre o cannocchiale a quattro vetri.

260. Il cannocchiale astronomico attesa la sua costruzione fa vedere gli oggetti rovesciati, perciò non si adopera per esaminare gli oggetti terrestri; onde è che per questi si usa il cannocchiale a quattro lenti rappresentato dalla (Fig. 109)

Sia SP un oggetto terrestre il quale darebbe un'imagine rovesciata in O per l'azione di due lenti. Or se aggiungansi due altre lenti B ed E delle quali la lente E disposta in modo che il suo fuoco è nel punto O, due fasci luminosi partendo dal fuoco sortiranno paralleli all'asse; ma siccome i raggi che compongono ciascun fascio sono paralleli, dovranno perciò scappare convergenti, concorrere al fuoco K, e dare un'imagine raddrizzata P'' S'', che si guarda con un'oculare.

Le lenti sono situate in un tubo composto di tre parti mobili, l'oggettiva e l'oculare hanno un tubo separato, e le due lenti intermedie sono disposte in uno stesso tubo.

L'ingrandimento prodotto da questo cannocchiale si può valutare dall'osservare, che ad occhio nudo si vedrebbe l'oggetto sotto l'angolo S A P, o S' A P'; e per la seconda lente si vede sotto l'angolo V O U o S' C P': l'ingrossamento delle due prime lenti adunque sarà nel rapporto di questi angoli; per-

ciò se chiamiamo A l'angolo S A P, e C l'angolo S' C P' o il suo uguale V O U avremo come nel cannocchiale astronomico $C = A \times \frac{AQ'}{CQ'}$; ma P'' E S'' è uguale all'angolo N O M o V O U; e come nell'ultimo risultato questo è sotto l'angolo D o sotto il suo uguale B che si vede l'imagine, che perciò bisogna conoscere il valore di quest'ultimo; e ciò si ha dalla proporzione seguente Tang. B: Tang. E = EK : BK, e perciò Tang. $B = \frac{EK}{KB} \times$ Tang. E, ovvero prendendo gli angoli per le loro tangenti, e sostituendo all'angolo E il suo uguale C si avrà $B = A \times \frac{AQ' \times EK}{Q'C \times BK}$. Or essendo per lo più le distanze focali delle due lenti di mezzo uguali, questa espressione si riduce ad $A \times \frac{AQ'}{BK'}$; dal che segue che l'ingrandimento è lo stesso del cannocchiale astronomico.

Cannocchiale di Galilei.

261. Il cannocchiale Astronomico fa vedere gli oggetti rovesciati, e il cannocchiale terrestre assorbe molta luce di maniera che nè l'uno nè l'altro sono di un uso comodo per osservare gli oggetti terrestri poco illuminati. Il cannocchiale di Galilei rappresentato dalla (Fig. 110) va esente da questi inconvenienti. In esso l'oculare è biconcava, ed è situata tra l'oggettiva e il suo fuoco principale, perciò essa riceve i raggi che vanno a formare l'imagine dovuta all'oggettiva e li rende divergenti; per questa disposizione l'imagine virtuale veduta per l'oculare biconcava è nella stessa posizione dell'oggetto, essa è ingrandita perchè il suo angolo visuale è maggiore di quello sotto del quale si vedrebbe l'oggetto. Di fatti l'oggettiva A trasporta nel suo fuoco F l'imagine rovesciata g F f di un oggetto lontano D d; ma l'oculare biconcava B interposta arresta il cammino de' raggi e li fa divergere.

I raggi arrestati e sviati dalla loro direzione portansi dietro nelle direzioni i f, e l g'; e i punti f e g sono riportati nei punti f' e g'; vale a dire, vedesi il punto D in f', e il punto d in g' dimodochè l'imagine dell'oggetto si vede diritta in f' g'. Il suo ingrandimento è nel rapporto delle aperture degli angoli ottici, veduto l'oggetto direttamente, e per mezzo del cannocchiale; perciò sarà tanto maggiore per quanto la distanza focale dell'oggettiva sarà più lunga, e la distanza focale negativa dell'oculare sarà più corta.

Telescopi.

262. I Telescopi sono composti di specchi curvi combinati in modo da produrre anche la reflessione della luce delle imagini reali che si osservano per mezzo di una oculare. Supposto un oggetto lontanissimo situato lungo l'asse di uno specchio concavo M (Fig. 111); i raggi che partono dai differenti punti dell'oggetto e vanno ad imbattersi sullo specchio possono considerarsi come paralleli; quelli reflessi vanno a formare una imagine reale RR nel fuoco principale F di questo specchio; e l'imagine e l'oggetto saranno così veduti sotto il medesimo angolo dal centro dello specchio. Lo specchio concavo è situato ordinariamente nel fondo di un lungo tubo in modo che il suo asse sia in direzione parallela alle pareti del tubo; queste sono annerite internamente onde allontanare il più ch'è possibile tutta la luce straniera, ed evitare la confusione che potrebbero apportare i raggi irregolarmente reflessi da queste pareti. I telescopi differiscono dalla diversa posizione dell'oculare, che si ha cura di disporre in modo da intercettare il più piccol numero di raggi incidenti. Nel telescopio di Herschel lo specchio è ritenuto da una cerniera per poterli dare quella inclinazione che si vuole per mezzo di una vite di pressione; esso ha una distanza focale di 40 piedi. In questo telescopio l'osservatore è rivolto colla schiena agli oggetti, il che rende difficile il suo uso; l'asse dello

specchio è deviato un poco, cosicchè l'oggetto e la sua imagine non sono situati su quest'asse, ma da due lati differenti di questa linea.

263. Newton per ottenere lo stesso intento nel telescopio che porta il suo nome imaginò d'intercettare i raggi reflessi, un poco prima del loro concorso nella produzione della imagine, coll'aiuto di un piccolo specchio piano, inclinato con un angolo di 45° coll'asse del telescopio, che trasporta l'imagine sopra uno de'suoi lati; cosicchè può questa essere osservata mediante un'oculare, il cui asse è in direzione verticale a quello dello specchio concavo, come si rileva dalla (Fig. 112); ma siccome lo specchio piano indebolisce la luce che reflette, così Newton sostituì a questo un prisma che ha per base un triangolo rettangolo isoscele e sul lato che corrisponde all'ipotenusa della base si esegue la reflessione dei raggi luminosi, che entrano e scappano quasi in direzioni verticali agli altri due piani del prisma. Per dirigere questo telescopio verso l'oggetto, vi è un piccolo cannocchiale astronomico disposto parallelamente all'asse dello specchio concavo, al quale si dà il nome di cercatore; si dirige in modo tale il tubo del telescopio finchè l'oggetto che si vuole esaminare sia nell'asse ottico del cercatore.

L'ingrandimento dei telescopi si valuta come nei cannocchiali, essendo più grande a proporzione che lo specchio concavo appartiene ad una sfera di maggior raggio, e l'oculare abbia una distanza focale più corta. L'inconveniente principale sì del telescopio di Herschel, che di quello di Newton si è di dare le imagini che non sono situate, per rapporto all'osservatore, della stessa maniera che l'oggetto reale.

264. Il telescopio Gregoriano non presenta questo inconveniente. Lo specchio concavo principale M (Fig 113) ha un'apertura circolare nel suo centro ottico dove è fissato il porta oculare; i raggi che partono da'diversi punti dell'oggetto imbattendosi su questo specchio sono reflessi incrocicchiandosi nel suo fuoco e andando a produrre l'imagine reale

FR rovesciata ; i raggi che la compongono sono raccolti da un altro piccolo specchio concavo *m* situato al di là di questa imagine; e sono reflessi da questa in modo che formano avanti l'oculare una imagine reale raddrizzata F′R′ coniugata della prima, alla quale la detta oculare sostituisce una imagine virtuale ugualmente raddrizzata rapporto all'oggetto, situata alla distanza della vista distinta.

L'oculare ha ordinariamente un movimento nella direzione dell'asse per adattare la sua posizione alla vista di ciascun osservatore.

La chiarezza dell'imagine in questo telescopio è minore di quella che si ha col telescopio Newtoniano si per la doppia reflessione, che per l'apertura circolare che ha il grande specchio nel suo centro ottico.

Microscopio di Amici.

265. Amici dotto fisico di Modena ha modificata la costruzione del microscopio diottrico, e ha inventato un microscopio catadiottrico, eliminando la maggior parte dei difetti che per lo più accompagnano simili strumenti, rendendone l'uso più comodo col disporre il tubo in direzione orizzontale dimodochè l'osservatore può farne uso stando seduto, il che agevola molto le sue occupazioni. Gli apparati accessori, come lo specchio di riverbero, il porta oggetti, la sega dentata, e simili sono gli stessi che nei simili strumenti già descritti, tranne quelle modificazioni richieste dalla posizione orizzontale del tubo. La (Fig. 114) rappresenta il microscopio catadiottrico, la cima del tubo è molto stretta onde potersi avvicinare molto all'oggetto posto al di sotto; un piccolo specchio C situato con una inclinazione di 45° coll'asse del tubo reflette l'imagine dell'oggetto la quale vi entra per un foro laterale, i raggi spezzati vengono di nuovo reflessi da uno specchio concavo ellissoide D posto inferiormente. Il tubo è lungo da 6 ad 8 pollici avendo all'altra estre-

mità un'oculare di Ramsden formata da due lenti onde ingrandire più l'imagine che viene rimandata in I dallo specchio. La difficoltà di costruire specchi ellittici restrinse molto l'uso di questo strumento usandosi a preferenza il microscopio di refrazione ideato dallo stesso fisico ed eseguito dall'ottico Chevalier di Parigi.

266. Il microscopio è orizzontale, ed è formato da due tubi che scorrono l'uno nell'altro. In H vi è un'oculare di Ramsden a due lenti m ed n divise da un diaframma posto nel fuoco. Tirasi fuori il tubo HG al grado che conviene alla forza dell'oggettiva e all'ingrandimento che vuolsi ottenere; un gran disco AA di lamerino annerito ha un buco rotondo nel centro in cui s'introduce la cima dell'oggettiva; questo disco opaco serve ad intercettare tutta la luce che giunge all'occhio dell'osservatore situato avanti al microscopio, ciò che dà il vantaggio di non chiudere l'occhio che resta inattivo.

Al di sotto del tubo verso la cima anteriore è posto a vite un piccolo pezzo di tubo lavorato, nel quale avvitasi la lente oggettiva acromatica; vi si possono mettere lenti di varie forze, e anche adattarvene due insieme. L'imagine dell'oggetto posto alquanto prima del suo fuoco viene inviata verticalmente al di sopra dell'oggettiva nel prisma triangolare di cristallo D, che fa le veci di uno specchio, il quale la riflette orizzontalmente, e la trasporta nel fuoco g dell'oculare, e viene da questa ingrandita.

Dell'acromatismo

267. Newton fondandosi sopra una conclusione inesatta, dedotta dall'aver generalizzato un fatto particolare, fu indotto a considerare la dispersione della luce come un fenomeno più semplice di quello che lo è realmente, ed a considerare come costante i rapporti di refrangibilità dei raggi colorati nel loro passaggio per i corpi trasparenti, o in altri termini a supporre la dispersione proporzionale alla refrazione; dal che

conchiuse che la dispersione dei colori negli strumenti di ottica era inevitabile. Dollond celebre ottico inglese dimostrò l'erronietà delle idee di Newton mediante un seguito di sperimenti, e si assicurò della possibilità di costruire un'oggettiva che trasmettesse le imagini incolori, distruggendo l'aberrazione di refrangibilità, e rendendo l'acromatismo possibile. In fatti è riuscito ad acromatizzare una lente biconvessa di crowglass, ch'è il vetro comune, soprapponendovi una lente biconcava di fintglass, ch'è il cristallo nella cui composizione vi è molt'ossido di piombo, che ha una forza dispersiva più grande. L'acromatismo non è mai perfetto mediante il processo di Dollond; perciò taluni impiegano le lenti di tre pezzi accozzati tra loro, e si sono costruite le lenti di sette vetri diversi che riuniscono nello stesso punto i sette colori principali dello spettro.

Dell'azione chimica della luce.

268. La luce non solo va diffusa nello spazio ma va ancora frammista tra le molecole dei corpi, ed in chimica combinazione con le medesime. Oltre a ciò la luce influisce molto ai fenomeni chimici operando e combinazioni e decomposizioni.

Dietro gli sperimenti del padre Beccaria e di altri si sa che diversi corpi assorbiscono la luce allorchè vengono esposti per qualche tempo ai raggi solari e quindi la trasmettono inalterata allorchè si trasportano in un luogo oscuro; tali corpi sono stati chiamati fosfori solari. Canton dietro una moltiplicità di sperimenti, onde scovrire una sostanza che possedessè questa proprietà ad un grado rimarchevole, la rinvenne nel far calcinare le cortecce di ostriche, esponendole ad un fuoco violentissimo per una mezz'ora, da cui ne trasse una polvere sottile, che unì ad un terzo del suo peso di fiore di solfo; situò questa mescolanza ben compressa in un crogiuolo, che fece arrossire al fuoco per un'ora, e riti-

ratolo separò dalla massa ottenuta la parte più brillante, la quale rinchiusa in una bottiglia smerigliata l'espose per alcuni minuti alla luce diretta del sole. In tal modo divenne luminosa da far distinguere nell'oscurità le ore in un orologio da sacca. È vero che essa perdè cotesta proprietà dopo qualche tempo, ma la riacquistò colla nuova esposizione al sole. Dietro tal fatto resta dimostrato che la luce s'insinua in alcuni corpi, dai quali è emessa facilmente senza provare alcun cangiamento. Alcuni hanno opposto a questa conchiusione che la luce prodotta in tale circostanza devesi ad una lenta combustione, ma ciò ripugna ad un'infinità di fatti, e alle conoscenze che abbiamo della combustione.

Vilson ha provato che in diverse circostanze la luce emessa da diverse sostanze fosforiche non sia identicamente la stessa di quella, che hanno assorbito; poichè diverse di esse dietro l'esposizione all'azione del raggio blu emisero luce rossa. Mr. Grosser ha fatto conoscere che la medesima cosa ha luogo col diamante, ch'è un piroforo naturale. Comunque ciò abbia luogo non possono gli anzidetti fatti apportare alcun dubbio che la proprietà che acquistano tali corpi di divenir luminosi, li venga dall'esposizione de'medesimi all'azione della luce diretta e che non vi ha alcuna influenza la combustione.

269. Allo sprigionamento di luce latente, ovvero di luce frammischiata alle molecole de'corpi, devonsi i fenomeni luminosi, che si osservano quando si stropicciano tra loro due pezzi di quarzo, quando si strofinano leggiermente tra loro due pezzi di zucchero in pane, quando si agitano alcune saturate soluzioni di sali, o si striscia sulla loro superficie con qualche stecca di legno.

L'acqua del mare manifesta sovente lo stesso fenomeno, allorchè nelle notti estive viene percossa dal remo, o agitata da altro corpo qualunque; luce che non devesi sempre attribuire a numerosi insetti, o ad umori fosforici, poichè spesse volte esaminata con delicatezza l'acqua, che presentava

tale fenomeno, non conteneva alcuna delle anzidette sostanze.

I corpi opachi che assorbiscono tutta la luce svolgono anche tutto il calorico; perciò sentesi più caldo sul continente che in alto mare.

270. Si trasse vantaggio da questa proprietà dei corpi per misurare la densità della luce. Si prendono due termometri similissimi e si annerisce la bolla di uno di essi; nell'oscurità il loro andamento è uniforme; ma di giorno, e molto più assoggettiti ai raggi solari, quello colla bolla annerita ascende più dell'altro. Questo apparecchio che può considerarsi come un fotometro fu imaginato da Pictet. Con esso il Signor Leslie ha trovato che l'intensità della luce solare è dodici mila volte quella di una candela, cosicchè una porzine del sole della grandezza della fiamma di una candela illuminerebbe quanto dodicimila candele riunite insieme. Riconobbe collo stesso mezzo che di un raggio luminoso per $^{80}/_{100}$ attraversa la battista asciutta, per $^{93}/_{100}$ la battista bagnata, per $^{49}/_{100}$ la carta fina, e per $^{80}/_{100}$ la carta oliata, facendolo servire a misurare la trasparenza dei corpi.

271. La luce non solamente s'insinua ne'corpi, ma spesse volte vi si combina formando parte costituente di essi. Alcuni sperimenti di Canton, ripetuti con più estensione dal Dr. Hulme, lo provano ad evidenza. Si sa che diverse carni, pesci, e legni, prima di provare la putrefazione, diventano luminosi nell'oscurità. I pesci, di cui si servì Hulme, furono particolarmente gli sgomberi e le aringhe. Di fatti se si mettono otto parti dell'uno o dell'altro pesce in un vase, che contiene sessanta parti di acqua di mare, o di acqua pura, in cui vi sia disciolta una parte di idro-clorato di soda (sale comune) o quattro parti di solfato di magnesia; situato questo vase in un luogo oscuro dopo tre o quattro giorni si incomincia a formare un anello luminoso alla superficie del liquido, ed indi diviene luminoso in totalità quando si agita. Se questo liquido si congela cessa l'anzidetto fenomeno, ma si riproduce di bel nuovo, subitochè passa nuovamente nello

stato di liquidità. Un calore mediocre aumenta l'emissione della luce, quello dell'acqua bollente lo fa sparire, come dispare ancora coll'aggiunzione di diverse sostanze. Gli stessi fenomeni alle volte si osservano anche a secco senza il concorso delle soluzioni saline. La luce che vien prodotta negli anzidetti sperimenti non produce alcuna alterazione sul termometro. Posto ciò resta dimostrato che essa forma parte costituente di questi corpi, e ch'è la prima a svolgersi quando cominciano a decomporsi.

In diverse combinazioni, come in quella dell'idrogeno col cloro, dell'idrogeno coll'ossigeno dell'ossigeno e del cloro con i metalli, ed anche coi combustibili non metallici; come ancora nelle decomposizioni di diversi ammoniuri metallici ec, si sviluppa la luce che era prima nei descritti corpi, e che non può essere ritenuta nei risultati dell'azione chimica; luce che il più delle volte non è esclusiva luce latente, ma anche luce chimicamente combinata.

272. Oltre la chimica combinazione della luce con alcuni corpi, essa è al caso di operare alcuni cangiamenti chimici in molti altri; nel qual caso pare che fissa la sua azione su qualche elemento della combinazione. Di fatti gli ossidi di mercurio, di piombo, di argento, di oro ec, sono in parte, o in totalità ridotti coll'esposizione ai raggi solari, lo stesso ha luogo con i sali di argento, di oro, platino ecc. e con gli acidi sopraccaricati di ossigeno, particolarmente quando si trovano in contatto col carbone, coll'etere, cogli olii, coll'idrogeno, col fosforo, o con altri corpi combustibilissimi. Così l'acido nitrico perfettamente bianco si colora in giallo, o in rosso all'azione della luce solare svolgendo del gas ossigeno.

Oltre a queste decomposizioni la luce determina con energia anche talune combinazioni. Di fatti se un miscuglio di cloro e d'idrogeno si espone ai raggi diretti del sole, avrà luogo uno scoppio violentissimo per la loro rapida combinazione, e si produrrà il gas acido idroclorico. Tale combi-

nazione sarà lenta se il miscuglio viene esposto alla luce diffusa, e non vi sarà combinazione finchè si tiene nell'oscurità.

La luce del sole, particolarmente quando la sua azione è diretta, agisce con più forza, il che dipende sicuramente dalla sua intensità infinitamente maggiore. Di fatti la combinazione dell'idrogeno col cloro che si effettuisce con tanta energia all'azione della luce diretta del Sole, non avviene all'azione prolungata della luce artificiale; tutto giorno osserviamo che all'azione de'raggi solari si smortiscono e distruggono i colori delle nostre stoffe; le tinture spiritose di foglie di cilieggio o di tiglio fra lo spazio di circa 20 minuti sono alterate.

273. Scheele osservò che il raggio violetto agiva più degli altri sul muriato di argento, e Sennebier ha paragonato l'effetto dei raggi prismatici su questa medesima sostanza, determinando la loro diversa azione dal tempo che ciascuno di essi aveva bisogno per condurlo alla stessa gradazione di calore. Il raggio violetto ha prodotto in quindici secondi l'effetto stesso, che il raggio rosso avea prodotto in venti minuti primi, essendo stata l'azione degli altri raggi intermedia tra questi. Dietro ciò il Signor Herschel dimostrò diversa azione nei diversi raggi colorati dello spettro solare; distinguendoli perciò in colorifici, calorifici, e disossigenanti, o produttori di azione chimica. Di fatti avendo fatto illuminare progressivamente una carta stampata da eguali quantità de' detti raggi, osservò che poteva leggersi alla maggior distanza, e con più chiarezza sotto il verde più vivo, ed il giallo più intenso, e che questi effetti diminuivano progredendo dal centro all'estremità dello spettro. I bulbi di due termometri similissimi, fatti percuotere da due raggi diversamente colorati, diedero diversi risultati; dal che dedusse che essi sono dotati di diversa proprietà calorifica; il maggior calore l'osservò nel raggio rosso, ed il minore nel violetto andando progressivamente minorando dal primo al secondo, e in uno spazio al di là del raggio rosso dove non appare luce di sorte alcuna osservò la massima elevazione di temperatura.

Queste importanti osservazioni del Dr. Herschel sono inserite nelle transazioni filosofiche dell'anno 1800 pag. 260.

274. Alle osservazioni pocanzi descritte di Scheele il Sig. Ricter, ed il Dr. Vollaston hanno aggiunto, dietro ripetuti sperimenti, che i raggi che eccitano calore senza luce, situati al di là del raggio rosso, nessuno effetto producono sul cloruro di argento umettato; e che appena un leggiero cambiamento si osserva all'azione del raggio rosso, e che al di là del raggio violetto, ove non appare nè luce, nè calore l'effetto chimico è apparentissimo. Dal che si deduce che la massima azione chimica risiede nel raggio oscuro al di là del raggio violetto. Berthollet ha sperimentato che nell'annerimento del cloruro di argento per l'azione della luce producesi il gas acido idroclorico. Davy ha provato che il raggio rosso, perchè dà maggior calore ha un'azione più marcata del raggio violetto su di un miscuglio d'idrogeno e cloro; e che una soluzione di cloro nell'acqua si trasforma più prontamente in acido idroclorico, allorchè viene esposto al raggio violetto, o al raggio oscuro al di là di detto raggio.

Gli anzidetti sperimenti sono stati ripetuti dal Signor Berard, mettendo in opera alcuni mezzi, onde attivare al più possibile l'azione dei diversi raggi dello spettro ed ottenere risultati più decisivi; perciò si avvisò di far raccogliere da una lente convessa la porzione dello spettro, che si estende dal verde al violetto, e con altra lente consimile quella dal verde al di là del rosso. Quest'ultimo fascetto luminoso, che si riuniva in un punto sensibilmente bianco dotato di luce vivissima, non operò alcuna alterazione sensibile sul muriato di argento, malgrado che la sua azione fosse stata continuata per una, o due ore. Al contrario esponendolo all'altro fascetto, in cui la luce era meno viva, e il calore meno intenso in meno di dieci minuti si annerì. Da ciò il Signor Berard conchiuse che l'azione chimica della luce è disgiunta da quella del calore.

275. Chaptal ci ha fatto conoscere che la luce ha un'in-

fluenza marcata sulla cristallizzazione de'sali: Di fatti avendo posto in un vase di vetro una soluzione salina, atta a cristallizzare in una camera oscura, che riceveva da un piccolo buco uno spiraglio di luce, diretto su detta soluzione, osservò che i cristalli si affollavano in direzione di detto raggio.

Oltre dell'azione della luce sopra i corpi inorganici, presta ancora essa interessanti uffici agli esseri organizzati col benefico influsso della sua presenza. A Priestley va debitrice di molto la fisiologia vegetabile, per avere esso il primo tentate alcune interessanti osservazioni onde indicare il processo della vegetazione; avendoci fatto conoscere che l'aria, nella quale si opera la vegetazione all'influenza della luce contiene una maggior quantità di gas ossigeno. In seguito Rumford, Woodhouse, Sennebier, Saussure, e Berthollet hanno di più inoltrate queste ricerche, dalle quali hanno dedotto che la luce influisce nei vegetabili alla decomposizione dell'acido carbonico e dell'acqua; e che questa operazione si effettua con energia nelle foglie esposte ai raggi del sole. Perciò le piante che vivano all'azione della luce sono robuste e piene di colorito; al contrario quelle che ne vivono prive sono deboli succolenti, e hanno un colorito più o meno smunto.

Parimente gli esseri animali che godono del benefico influsso della luce sono pieni di brio e di colorito; quei che ne sono lontani sono languidi, e scoloriti.

Nella luce dunque dobbiamo noi riconoscere quella sostanza benefica, che non solo meccanicamente influisce al nostro ben essere, ma ancora sviluppa negli esseri sì organici che inorganici un'azione poderosissima.

CAPITOLO III.

DELL' ELETTRICITA'.

276. Le teoriche dell'elettricità risultano dall'accozzamen-

to di molti fatti, ciascuno dei quali è ben distinto da una ipotesi particolare; ma quantunque alcuni fenomeni transitori dimostrano che questi fatti separati hanno un'origine comune, pure non siamo ancora giunti a fissare l'ipotesi unica che deve abbracciarli tutti. Perciò per istudiarla bisogna percorrerli isolatamente, da questi ricavare le teoriche, e discutere in seguito il merito relativo delle differenti ipotesi onde cercare di stabilire un legame tra queste teoriche.

Il metodo che terremo nell'esporre i fenomeni elettrici è il seguente 1.° L'elettricità sviluppata per lo strofinio che risulta da fatti più anticamente conosciuti 2.° Il Galvanismo o meglio detto l'elettricità voltaica, perchè primeggia tra le scoverte moderne, e che ha contribuito al progresso non solo della scienza dell'elettricità, ma della chimica. 3.° L'elettricità sviluppata con altri mezzi diversi dallo strofinio e dal contatto. L'elettricità chimica dipendente quasi totalmente dall'elettricità voltaica, che ha per oggetto lo studio della pila di Volta, e l'esposizione delle teoriche chimiche di quest'apparecchio sarà posposta alle teoriche delle affinità. Riserbandoci dopo di aver parlato del magnetismo esporre le principali scoverte fatto da OErsted sull'influenza che ha l'elettricismo in movimento su i corpi calamitati; come pure parleremo dei fenomeni termo-elettrici, esponendo i fatti in cui l'elettricismo accompagna o produce certi cambiamenti di temperatura, e tutto ciò che può darci indizio che il calorico la luce e l'elettricità hanno un'origine comune. Questo metodo che pare lo più ragionevole è quasi disposto nell'ordine cronologico delle principali scoperte.

277. Un tubo di vetro strofinato con un pezzo di panno, di seta, o un pezzo di pelle asciutta, acquista sì il corpo strofinato che il corpo strofinante la proprietà di attirare alcuni corpi leggierissimi, come pezzettini di paglia, carta brugiata, foglioline di argento e simili.

La cera lacca, lo zolfo, il succino, le pietre preziose godono la stessa proprietà. Questo fenomeno siccome fu osser-

vato per la prima volta nell'ambra o succino, che in greco si chiama electron; perciò fu detta elettricità là teorica fisica di cui questa proprietà fa parte.

278. Tutte le sostanze vitree e cristalline, e le sostanze resinose manifestano l'elettricità collo strofinio; ma i corpi vitrei e cristallini si comportano diversamente delle sostanze resinose; quasichè la materia elettrica da cui ciascuna di esse è animata fosse differente. Tale diversità si ravvisa parimente tra il corpo strofinato e il corpo strofinante.

Le sostanze vitree, le resinose, la seta, l'olio, la cera ecc. strofinate producono questi fenomeni con diversa intensità. I metalli e le altre sostanze, ancorchè strofinate non danno alcun segno di elettricità; a questo riguardo si erano divisi i corpi in elettrizzabili detti ancora idioelettrici, o elettrici per sè stessi, e in non elettrizzabili distinti col nome di analettrici, o non elettrici; ma si è conosciuto dopo, che questa distinzione non è fondata; poichè se i metalli e altri corpi non manifestano fenomeni elettrici per lo strofinio, non è perchè non si eccita in essi la materia elettrica, ma piuttosto perchè non sono posti in circostanze di conservarla, avendo questa libero passaggio attraverso di essi, e in altri corpi con cui sono in contatto; all'opposto il vetro, le resine, la seta ecc. se hanno contatto per uno dei loro punti, la materia elettrica è distratta in quel punto soltanto rimanendo in tutto il resto.

Si è osservato che i metalli possono acquistare la virtù elettrica allorchè si mettono in contatto o quasi contatto con le sostanze vitree o resinose elettrizzate per mezzo dello strofinio. Per esempio se una pallina S (Fig. 115) di sughero, o di midollo di sambuco, sospesa per uno dei suoi punti con un filo di seta ben asciutto, essendo in contatto con una spranga metallica MT terminata da una sfera M, la pallina si allontanerà da questa spranga quando questa comunica per la sua estremità M con un corpo elettrizzato. Ma per aversi ciò bisogna che i sostegni della spranga siano di una sostan-

za che non lasciano passare la materia elettrica; qualora questa condizione è adempita l'effetto indicato si manifesta ugualmente facendo avvicinare la pallina in qualsisia punto della spranga a qualunque distanza dalla sfera M. Questo sperimento dimostra non solo che la spranga metallica ha acquistata la materia elettrica somministratali dal corpo elettrizzato, ma che questa si diffonde ugualmente in tutta la spranga a qualunque distanza dal punto di comunicazione, sia qualunque la sua estensione. Se nel luogo della spranga metallica si mette una bacchetta di vetro o di resina non si avrà nessuno degli anzidetti fenomeni.

279. Posto ciò siamo condotti a distinguere i corpi in due grandi classi; se danno libero passaggio alla materia elettrica si chiamano conduttori; e cattivi conduttori o conduttori imperfetti se non permettono questo passaggio libero.

Nella prima classe sono da annoverarsi i metalli, il legno particolarmente umido, il carbone di legna, la paglia, i fili di canapa, l'acqua, l'aria umida, e tutte le sostanze pregne di umidità; nella seconda classe vanno comprese le sostanze resinose, il vetro, le sostanze cristallizzate, la seta gli olii, gli ossidi metallici, le pietre preziose, i peli, la lana, le piume, e l'aria atmosferica spogliata di umidità. Su questi dati sono costruiti i conduttori e gl'isolatori elettrici.

L'aria atmosferica perfettamente secca non solo è isolatrice della materia elettrica, ma colla sua azione meccanica la ritiene sulle superficie de'corpi; poichè l'esperienza c'insegna che un corpo elettrizzato posto nel vuoto si scarica immediatamente, lasciando cadere da sè la materia elettrica, il che si osserva chiaramente nell'oscurità.

280. Non esiste alcuna relazione costante tra lo stato dei corpi è la loro facoltà conduttrice. Di fatti tra i corpi solidi i metalli danno libero passaggio alla materia elettrica; ma le resine, le sostanze cristallizzate nello stato di secchezza non la trasmettono. Quasi tutt'i liquidi sono buoni conduttori; ma l'olio è un conduttore imperfettissimo. La cera e il se-

vo freddi conducono male l'elettricità; ma fusi sono buoni conduttori. La facoltà conduttrice si osserva negli stati opposti di temperatura; talmentechè la fiamma dell'alcool e la neve trasmettono ugualmente l'elettricità; e questo stato opposto di temperatura dei corpi non apporta differenza sensibile nelle scintille che dai medesimi si emettono; poichè quelle emesse dal ghiaccio non sono fredde, nè calde quelle che si staccano dalla fiamma dell'alcool o dal ferro rovente.

Da quanto si è detto si può convenire che tutt'i corpi del nostro pianeta contengono una sostanza alla quale si dà il nome di materia elettrica. Questa nello stato naturale non manifesta alcuna proprietà che la rende percettibile ai nostri sensi.

281. I fisici non si uniformano nelle ipotesi onde dare dimostrazioni ai fenomeni elettrici. Alcuni con Franklin ammettono che la materia elettrica sia costituita da un solo fluido imponderabile sparso nei corpi, che per mezzo dello strofinio viene a disquilibrarsi, accumulandosi in taluni corpi che chiamano elettrizzati positivamente, e minorandosi in altri che sono detti elettrizzati negativamente; cosicchè nel ristabilirsi l'equilibrio elettrico in questi corpi hanno luogo i fenomeni elettrici.

Symmer, ed i Fisici Francesi attribuiscono i fenomeni a due fluidi imponderabili le cui molecole se sono dello stesso fluido si respingono, e si attraggono se spettano ai due fluidi differenti; ammettendo che questi due fluidi combinati sieno in tutt'i corpi della natura, perciò chiamano questa combinazione fluido neutro, o elettricità naturale; in questo stato non manifesta alcun fenomeno; d'altronde lo strofinio cagiona una ripartizione ineguale di questi due fluidi, caricandosi il corpo strofinato di una dose maggiore di uno di questi fluidi, e il corpo strofinante di una dose maggiore dell'altro. Questi fluidi sono distinti coi nomi di fluido vitreo e di fluido resinoso, e si considerano animati da un'affinità energica tra loro; perciò qualora vengono in contatto o nella

sfera di attività si combinano rapidamente manifestando i fenomeni elettrici. Le denominazioni di elettricità vitrea e resinosa possono dare un'idea falsa; poichè queste proprietà opposte non spettano esclusivamente nè al vetro nè alle resine, potendo sì il vetro che le resine caricarsi dell'una o dell'altra elettricità cambiando il corpo strofinante, come diremo quì appresso. Ciascuna di queste ipotesi ha il vantaggio di dare facile spiegazione ad alcuni fenomeni, mentre in altri non soddisfa compiutamente; del resto basta avvertire, per non cadere in equivoci, che l'elettricità positiva di Franklin è la stessa che l'elettricità vitrea dei Francesi; essa distinguesi dall'elettricità negativa o resinosa per diversi caratteri tra i quali i più marcabili sono i seguenti. 1.° Pel sapore che imprime sulla lingua l'elettricità sviluppata da una punta metallica, essendo acido nell'elettricità positiva, bruciante e quasi alcalina nell'elettricità negativa, apportando alcuni cambiamenti corrispondenti all'acidità, e all'alcalinità nelle tinture blù vegetabili. 2.° Per la loro diversa luce, poichè l'elettricità vitrea o positiva che si stacca da una punta metallica forma un fascetto luminoso di colore azzurro e di qualche lunghezza; mentre la resinosa o negativa non fa altro apparire che un punto lucido.

Rintracciando la natura dell'elettricità sviluppata per lo strofinio da un gran numero di sostanze si riconosce che essa non ha niente di assoluto, e che dipende dalla natura del corpo strofinato è del corpo strofinante. Di fatti la seta strofinata sul vetro acquista l'elettricità positiva, sulla resina l'elettricità negativa; il legno strofinato con un mazzo di penne si elettrizza negativamente, strofinato colla carta si carica di elettricità positiva. Costantemente però si osserva che il corpo strofinato, e il corpo strofinante si caricano di diversa elettricità; per verificarlo si elettrizza positivamente una pallina di midollo di sambuco sospesa ad un filo isolante, questa avvicinata sussecutivamente al corpo strofinato e al corpo strofinante; si osserva immancabilmente che uno di essi la re-

spinge e l'altro l'attira; il che prova che sono carichi di diversa elettricità. Allorchè si strofinano l'una contro l'altra due lamine di cristallo si caricano di elettricità opposte acquistando l'elettricità positiva quella che ha la superficie più pulita. Se si strofina la limatura di un metallo qualunque sopra un piatto dello stesso metallo la limatura si elettrizza negativamente, e il piatto positivamente. Qualora i corpi che si strofinano sono della stessa natura, e le loro superficie sono nello stesso stato, una differenza di temperatura basta perchè si carichino di elettricità opposte, e la più calda si elettrizza negativamente.

Il carattere positivo di queste due elettricità, il quale si manifesta costantemente è l'attrazione e la ripulsione che si ravvisa nei corpi elettrizzati. Due corpi che manifestano diversa elettricità si attraggono; e si repellono se sono investiti da elettricità della stessa natura. Da questa proprietà costante dipende la spiegazione di tutt'i fenomeni elettrici sì naturali che artificiali.

Se due palline di midollo di sambuco sospese a fili di seta si avvicinano dopo che si sono elettrizzate pel contatto di corpi diversi, si osservano fenomeni differenti secondo la natura dei corpi impiegati. Se le palline isolate sono state elettrizzate dal contatto colla resina strofinata colla lana, esse si repellono scambievolmente; e si repellono ancora se sono state elettrizzate dal contatto del cristallo strofinato colla lana; ma se una delle palline è stata elettrizzata dal contatto colla resina, e l'altra dal contatto col cristallo esse si attraggono; come pure una pallina elettrizzata dal contatto colla resina n'è respinta qualora vi si avvicina di bel nuovo, ed è al contrario attirata dal cristallo; viceversa, quando è elettrizzata dal cristallo è respinta da questo, ed è attirata dalla resina.

282. La materia elettrica impercettibile ai nostri sensi, trovandosi nello stato naturale può risolversi nelle due elettricità vitrea o resinosa, ovvero positiva o negativa sì con

mezzi meccanici, che coi mezzi chimici: il mezzo meccanico più comune è lo strofinio.

La macchina elettrica (Fig. 116) è comunemente usata per svolgere l'elettricità mercè lo strofinio; essa consiste in una sfera o cilindro di cristallo, e più comunemente in un disco di cristallo con un buco nel suo centro, pel quale passa un asse metallico; due sostegni di legno disposti parallelamente in direzione verticale sono bucati nel mezzo della loro altezza che sono attraversate dalle estremità dell'asse metallico; ad una di queste estremità è adattato un manubrio mediante il quale si fa girare il disco; su ciascuno sostegno di legno ad uguali distanze dall'asse sono adattati due cuscini di pelle imbottiti di crini, in modo che quei situati sopra un sostegno si guardano in direzioni opposte con quei situati sull'altro sostegno; il disco posto in mezzo ai cuscini girando strofina tra i medesimi, e così si carica di elettricità positiva.

Per attivare maggiormente lo sviluppo della materia elettrica si applica su i cuscini, prima unti di una sostanza grassa, dell'oro musaico, o un'amalgama di stagno, ovvero una lega di una parte di stagno due di zinco e quattro di mercurio. Con questa parte dell'apparecchio si possono osservare i principali fenomeni, dei quali i più marcabili sono i seguenti.

1°. Se si avvicina alla parte strofinata del disco la mano o il viso si ha, ad una certa distanza, una sensazione quasi simile ad un formicolio, e i peli o capelli vengono dal medesimo attirati.

2°. Se si avvicina al disco la giuntura di un dito, o l'estremità di una bacchetta metallica, si osserva una piccola scintilla, facendo provare una piccola pungitura sul dito.

3°. Nell'oscurità, a misura che si fa girare il disco, si vedono raggi di luce che serpeggiano sulla sua parte strofinata.

Allorchè si sospende il movimento del disco tutti questi fenomeni continuano per qualche tempo con intensità sensibilmente decrescente; ma si può osservare il fenomeno del-

l'attrazione e ripulsione elettrica. Di fatti allorchè si avvicina al disco una pallina di sughero o di midollo di sambuco, se il filo che la sostiene è di seta bene asciutta la pallina è attirata dal disco, e rimane in questo stato fino a che si uniforma in essi lo stato elettrico, nel qual caso viene respinta: questa ripulsione dura finchè dura lo stesso stato elettrico; se poi si scarica la pallina col dito o con altro corpo conduttore, viene essa di bel nuovo attirata dal disco e indi respinta; se poi il filo è di lino, particolarmente se è umettato, la pallina rimarrà attirata dal disco.

Girando il disco in mezzo ai cuscini quelle porzioni della sua superficie strofinate dai cuscini si elettrizzano e in queste porzioni possono osservarsi gli anzidetti fenomeni, e si può raccogliere la materia elettrica. Per operar questo si adatta in vicinanza delle parti strofinate del disco un conduttore di lamine di ottone di forma cilindrica appoggiato sopra sostegni di vetro, coperti ordinariamente da uno strato di resina; questo conduttore in una delle sue estremità si dirama, e le diramazioni terminano in una o più punte, che si fanno discostare dalla parte strofinata del disco di un mezzo pollice circa, ed è sempre meglio che queste diramazioni sieno disposte in modo che le punte scaricano il disco sì dalla parte anteriore strofinata che dalla parte posteriore; l'altra estremità del conduttore termina ordinariamente in una sfera di un diametro più grande. Il conduttore riceve l'elettricità del disco, o più esattamente si carica di fluido positivo proveniente dalla sua elettricità naturale, perchè l'elettricità positiva del disco attira l'elettricità negativa del conduttore per neutralizzarla.

Per evitare che l'aria atmosferica disperda porzione di elettricità dal disco si costuma di coprire la porzione superiore di questo di una borsa di taffettà incerata che si oppone al rinnovamento degli strati di aria sulla sua superficie. È necessario che i cuscini sieno in comunicazione col suolo ch'è il serbatoio comune mercè buoni conduttori, potendo in que-

sto prestarvi uffizio i sostegni di legno, per dare scolo al fluido negativo.

283. Coll'apparecchio descritto non si ha sul conduttore che l'elettricità positiva. Ma la macchina elettrica di Nairne dà le due elettricità contemporaneamente; questa macchina è espressa dalla (Fig. 117). In vece del disco vi è un cilindro di cristallo chiuso che si fa girare intorno al suo asse disposto orizzontalmente; due conduttori disposti anche orizzontalmente affiangano lateralmente il cilindro; l'elettricità positiva che si sviluppa dal cristallo viene raccolta da uno di questi conduttori, e l'elettricità negativa si raccoglie dall'altro conduttore situato nella parte opposta che comunica con i cuscini; ma è preferibile raccogliere una delle due elettricità per volta per accumularne maggior quantità: per far questo basta mettere in comunicazione uno dei due conduttori col suolo per mezzo di una catena o di una spranga metallica. Van-Marum ha ideata una macchina elettrica con la quale si può raccogliere a volontà l'una o l'altra specie di elettricità; i conduttori isolati sono mobili sopra un asse orizzontale, questo movimento li fa comunicare col disco di vetro o con i cuscini, mettendo nello stesso tempo in comunicazione col suolo i cuscini o il disco.

Le punte e tutte le prominenze angolose avendo la proprietà di attirare l'elettricità; perciò bisogna allontanarle dalla superficie del disco per fare che tutta l'elettricità sviluppata sia assorbita dalle punte del conduttore; come pure l'aria umida dando libero passaggio all'elettricità, perciò difficilmente si può caricare il conduttore di elettricità in un'atmosfera umida essendo assorbita da questa a proporzione che la riceve dal disco.

284. Coulomb ha portato un perfezionamento alle idee di Symmer, o per meglio dire le ha ridotte in teorica esatta, avendo scoverta la legge mediante la quale si esercitano le attrazioni, e le ripulsioni elettriche; ideando un apparecchio che porta il nome di bilancia elettrica di Coulomb, il quale

apparecchio e costruito nel seguente modo. Ad un filo di argento o di ottone finissimo fissato in posizione verticale per una delle sue estremità ad un corpo solido va sospeso un indice di gomma lacca lungo e sottile disposto orizzontalmente, che tiene in una delle sue estremità un piccolo disco di carta dorata; (Fig. 118) a questo piccolo disco si comunica l'elettricità, l'indice di gomma lacca serve per isolarlo, e il filo metallico colla torsione che soffre misura la forza attrattiva o repulsiva che esercitano i corpi elettrizzati ai quali si presenta.

Di fatti si capisce che vi bisogna una forza, sebbene molto piccola, ma determinata e costante per far spostare il filo di un giro o di un mezzo giro, e conseguentemente per discostare di tanto l'indice di gomma lacca dalla situazione ove è naturalmente posto nello stato di equilibrio; perciò quanto più forte sarà l'azione repulsiva o attrattiva dell'elettricità, maggiore sarà l'angolo descritto dal piccolo disco di carta dorata. Si potrebbe pure conoscere come l'azione elettrica varia con la distanza se si conoscessero le forze di torsioni corrispondenti alle deviazioni differenti dell'indice di gomma lacca, al che facilmente si può giungere; dappoichè il Signor Coulomb con esperimenti precisi ha dimostrato che la forza di torsione in un filo metallico di una certa lunghezza è esattamente proporzionale all'angolo di torsione; e per evitare le differenze, che la forma irregolare dei corpi potrebbe apportare, s'impiega per corpo attirante o repellente una sfera di rame poggiata all'estremità di un cilindro di gomma lacca; il piccolo disco di carta dorata su cui deve agire potendosi considerare come un punto. Si situa la sfera in modo che tocchi il disco, stando questo nel sito ove si ferma naturalmente nello stato di equilibrio; e per evitare gli errori, che potrebbero esser prodotti dall'agitazione dell'aria, si chiude tutto l'apparecchio in una scatola di vetro, sulle cui pareti sono segnate alcune divisioni angolari orizzontali che servono a marcare la grandezza degli angoli descritti dall'indice

nello scostarsi dalla sua posizione primitiva di equilibrio. Ed ecco il modo di usarla.

Si prende la sfera di rame pel suo sostegno di gomma lacca e si carica di una certa quantità di elettricità, mettendola in comunicazione con un conduttore elettrizzato, di poi si rimette nella posizione ordinaria sulla bilancia; allora il piccolo disco di carta dorata, che la tocca nella sua situazione naturale, riceve pel contatto una porzione di questa elettricità per cui n'è respinto. L'indice allontanandosi dalla sfera elettrizzata dopo diverse oscillazioni si fissa in una certa posizione che forma un angolo colla posizione primitiva. Or questa posizione è determinata dalla forza repulsiva elettrica che obliga il filo di argento o di ottone a torcersi fino a quel punto; questa torsione è proporzionale alla forza repulsiva, è perciò può servirli di misura.

285. Per meglio fissare le idee supponiamo che questa torsione, o la forza repulsiva che agisce sull'indice sia di 36°; se forzate il filo in senso contrario di una certa quantità il che può farsi; essendo il filo metallico fissato, come si è detto nella parte superiore della bilancia e propriamente alla base di un tamburo metallico nella direzione del suo asse; questo tamburo è graduato nel suo orlo, ed è rincalzato in un altro tamburo sul quale si muove a sfregamento resistente; mediante questo meccanismo si può dare al filo quel grado di torsione che si vuole, movendo il tamburo in modo che l'indice di gomma lacca si avvicina più o meno alla sfera; è chiaro che la torsione divenendo preponderante supererà la forza repulsiva, e il piccolo disco dorato si avvicinerà alla sfera; questo ravvicinamento sarà tanto più sensibile per quanto il filo avrà sofferta maggiore torsione. Supponiamo che giri il tamburo fino a che l'indice di gomma lacca faccia un angolo di 18° invece di 36° colla posizione primitiva, si troverà che per portarla a questa posizione vi è bisognato torcere il filo di 126°; questa torsione aggiunta ai 36° che era stata precedentemente causata dalla forza repulsi-

va; la torsione totale del filo risulterebbe di 162°, se nel secondo caso il piccolo disco fosse rimasto nella stessa posizione di prima; ma siccome si è approssimato di 18° ne segue che il filo si è svolto di altrettanto, perciò la torsione vera sarà di 162°—18°= 144°.

Da questi risultati si vede, che allorquando gli allontanamenti dell'indice sono stati 36° e 18°, le forze di torsione che facevano equilibrio alle forze repulsive, o meglio le intensità di queste forze repulsive erano rappresentate da 36° e 144°, dal che segue che se gli allontanamenti dell'indice sono come 2 : 1 le forze repulsive sono come 1 : 4; vale a dire che la forza repulsiva dell'elettricità varia nel rapporto inverso dei quadrati delle distanze. Applicando lo stesso metodo alle attrazioni elettriche, e ripetendolo su ripulsioni ed attrazioni di diversa intensità si trova la stessa legge.

In questi sperimenti gli angoli prodotti dalle deviazioni dell'indice di gomma lacca, nello spostarsi dalla sua posizione primitiva sono misurati realmente da graduazioni tracciate sopra una linea retta non già sopra un arco circolare; ma trattandosi di piccoli angoli, come abbiamo supposto, la differenza non è molto significante; adempiendo a questa correzione la legge precedente si trova esatta; ed è rimarcabile che essa è la stessa di quella delle attrazioni celesti.

286. La bilancia di torsione serve anche a dimostrare che le attrazioni e le ripulsioni elettriche sono proporzionali ai prodotti delle intensità o delle quantità di elettricità che agiscono nei due corpi elettrizzati. Per esempio il disco dorato e la sfera metallica essendo carichi della stessa elettricità, il filo metallico soffre una torsione la quale mantiene questi corpi ad una distanza voluta d; se poi si tocchi la sfera con un'altra sfera isolata di uguale grandezza, che le toglie conseguentemente la metà della sua elettricità; si trova che bisogna diminuire per metà la torsione totale del filo metallico per mantenere il disco dorato alla stessa distanza d; se in seguito si tocchi il disco dorato con un altro disco do-

rato di simile grandezza ed isolato, sarà necessario ridurre la torsione totale del filo metallico anche alla metà; e per conseguenza al quarto di quella che era in origine acciò il disco resta sempre alla stessa distanza. In questi tre casi differenti la forza repulsiva agendo sempre alla stessa distanza sono esse come 1, $^1/_2$, $^1/_4$, e variano conseguentemente nello stesso rapporto dei prodotti delle elettricità libere sparse sopra i due corpi. Da questa legge risulta che il disco della bilancia conservando la stessa quantità di elettricità, se si mette nel sito della sfera un corpo successivamente carico di differenti dose di fluido libero; i diversi gradi di torsione necessari per mantenere il disco alla stessa distanza saranno proporzionali alle cariche elettriche successive del corpo assoggettato all'esperimento e potranno servirli di misura.

Nell'esperienza precedente se si tocchi la sfera con un'altra sfera della stessa grandezza conduttrice ed isolata, ma di un metallo differente allo stato naturale, il risultato è lo stesso; vale a dire che la ripartizione della materia elettrica si fa ugualmente tra le due sfere. Vi è anche ripartizione uguale allorchè una delle sfere è piena e l'altra è vuota e qualunque sia la grossezza dell'inviluppo di quest'ultima; dal che si deve conchiudere che l'elettricità libera che si spande su di un corpo conduttore dipende dal suo volume, e non dalla sua natura, e che essa occupa a preferenza le superficie dei corpi, diffondendosi forse negli strati esteriori di essi; la profondità fin dove penetra non si conosce ne si è potuto dedurre nè dagli sperimenti nè da calcoli. Acciò tutte le sperienze sulla misura delle forze elettriche diano dei risultati esatti bisogna che il sostegno isolatore della sfera sia di una certa lunghezza per non far disperdere materia elettrica per questo mezzo; e bisogna correggerle della quantità di materia elettrica che si distrae pel contatto dell'aria; la quale perdita cresce con la carica del corpo elettrizzato, con l'agitazione dell'aria, con la sua temperatura, e col suo stato igrometrico.

287. I fenomeni elettrici dipendono non solo dalle azioni

che le masse fluide, o della stessa o di natura contraria, esercitano a distanze l'una sull'altra; ma anche dalla scomposizione del fluido naturale che viene prodotta in un corpo che si trova nel suo stato naturale, dall'elettricità libera sparsa su di un corpo vicino. In fatti quest'ultima causa influisce molto nelle attrazioni e ripulsioni dei corpi elettrizzati, e oltre dell'elettrizzazione per contatto ed a distanze, essa fornisce il mezzo di accumulare l'elettricità prodotta da una debole sorgente e renderla sensibile moltiplicando i suoi effetti. Or se ad un corpo A sospeso ad un cordone di seta si avvicina un cilindro metallico isolato B (Fig. 119); avendo questo alle due estremità E ed E' innalzate verticalmente delle bacchette metalliche ciascuna delle quali alla sua estremità superiore tiene sospesa per mezzo di un filo di lino una pallina di midollo di sambuco; allorchè si elettrizza il corpo A si vedono le palline scostarsi dalle corrispondenti bacchette che lo sospendono; ed è facile riconoscere, che se l'elettricità di A è positiva, l'elettricità di E estremità di B più vicina è negativa, e che l'estremità E' la più lontana è positiva; dappoichè approssimando sussecutivamente alle due palline un bastone di resina pria strofinato, respinge la prima ed attira la seconda.

Se poi si allontana A da B, ovvero, si mette A in comunicazione col suolo per mezzo di un filo metallico, si vedono le due palline discendere fino al contatto delle loro bacchette, e i segni di elettricità dispaiono nel cilindro metallico B; questo avviene perchè i due fluidi segregati tra loro dall'influenza del corpo elettrizzato si sono ricomposti per formare il fluido naturale; il che prova che l'elettricità di A non si è trasmessa in B. Qualora poi si mette B in comunicazione col suolo, stando sottoposto all'influenza di A, si vede la pallina di E' discendere verso la sua bacchetta, e la pallina di E ne resta allontanata, anzi se ne discosta dippiù, il che dipende perchè l'influenza di A quantunque limitata dalle attrazioni scambievoli dei fluidi separati, attira in E

una maggior quantità di elettricità negativa, qualora l'elettricità positiva di B si trasmette al suolo.

288. Le sperienze precedenti c'istruiscono dell'influenza che esercita una massa di fluido libero a distanza, e di tutte le circostanze che accompagnano la commicazione dell'elettricità fra i corpi. Allorchè una sfera metallica elettrizzata ed isolata si mette in contatto con un'altra sfera metallica anche isolata, ma non elettrizzata, una porzione dell'elettricità libera della prima sembra passare nella seconda; ma quantunque il risultato sia lo stesso, non avviene a questo modo; e bisogna dir piuttosto che a proporzione che i due corpi si avvicinano tra loro, l'elettricità libera del primo agisce per influenza sul fluido neutro del secondo, respingendo l'elettricità della stessa specie, ed attirando quella di specie contraria, che neutralizza, e l'elettricità respinta è quella che diviene libera sul secondo corpo.

289. Per determinare la natura dell'elettricità sviluppata su di un corpo s'impiegano alcuni apparecchi chiamati *elettrometri o elettroscopi.* Coulomb si è servito per le sperienze delicate e qualora si trattava su piccole quantità di elettricità, di un elettroscopio la cui forma corrisponde presso a poco a quella della bilancia elettrica (Fig. 120); l'indice di gomma lacca, sostenuto da un filo di seta non torto; dopo aver comunicato al disco dorato una leggiera dose di elettricità conosciuta, si dispone un piccolo conduttore terminato da due palle, e inviluppato in un cilindro di vetro che serve a mantenerlo, di maniera che una delle palle sia nella scatola dell'apparecchio, e l'altra si tocchi col corpo da saggiare; secondochè il disco dorato è attirato o respinto si conchiude che l'elettricità comunicata al conduttore è di diversa o della stessa natura di quella del disco dorato.

Gli elettrometri ordinariamente si hanno sospendendo ad alcuni gancetti posti al di sotto del coverchio metallico di una bottiglia di cristallo due fili di paglia, o due palline di midollo di sambuco o di sughero con fili di lino, o finalmen-

te due foglioline di oro che cadono parallelamente; queste ultime danno un elettrometro più sensibile; e acciò l'aria interna della bottiglia sia il più che si può spogliata di umidità vi si depone nel fondo una sostanza disseccante. Qualora se ne vuole far uso, si fa toccare la covertura metallica della bottiglia con un corpo elettrizzato, questo comunica la sua elettricità ai corpi sospesi al di sotto di esso, i quali caricati di etettricità dello stesso nome si repelleranno, e l'intensità della carica elettrica essendo corrispondente all'intensità della repulsione dei due corpi sospesi, questa, che viene misurata da un arco graduato posto nel fondo della bottiglia, dà la misura dell'intensità elettrica.

L'elettroscopio a foglie di oro è lo più sensibile come si è detto, e si può aumentare di più la sua sensibilità adattando nel fondo della bottiglia due bacchette metalliche che si elevano in direzione verticale alla medesima altezza; (Fig. 121) allorchè le foglie di oro elettrizzate si respingono, la loro repulsione viene aumentata dall'attrazione prodotta dalle foglie di oro sulle bacchette metalliche da cui sono affiancate.

290. Il nostro celebre italiano Volta immaginò un apparecchio per accumulare e rendere sensibile le piccole quantità di elettricità prodotte da una debole sorgente che chiamò *condensatore*; questo apparecchio dà conoscenza delle piccole dosi di elettricità che non sarebbero manifestate dagli elettrometri ordinari.

Il nome di condensatore si dà ordinariamente a tutti gli apparecchi destinati ad accumulare sopra una superficie una grande quantità di elettricità comparativamente a quella che somministra la sorgente. Questi apparecchi si compongono per lo più da due foglie metalliche separate da una lastra di vetro. Ma qualora si vogliono riconoscere delle sorgenti di elettricità debolissime bisogna che il corpo isolante interposto sia di pochissima spessezza, e si usa ordinariamente in luogo della lastra di vetro uno strato di vernice. Il condensatore di Volta si compone di un piatto metallico chiamato collet-

tore, il quale poggia su di una tavoletta di legno ricoverta di taffettà verniciata (Fig. 122).

L'elettrometro a foglie di oro acquista maggiore sensibilità allorchè è munito di un condensatore; allora il piattò metallico al di sotto del quale sono sospese le foglioline di oro, è ricoperto superiormente da uno strato di vernice di gomma lacca; vi si adatta al di sopra un altro piatto metallico ricoverto al di sopra di uno strato della stessa vernice, e fornito di un manico isolante (Fig. 123); il doppio strato di gomma lacca basta per impedire la riunione delle due elettricità. Allorchè si mettono i piatti uno in comunicazione col suolo l'altro con una sorgente di elettricità si avrà condensazione e manifestazione di elettricità; dimodochè se in seguito si isolano i piatti metallici, e si toglie il superiore, l'elettricità del piatto inferiore divenuta libera si manifesta coll'allontanamento delle foglioline metalliche.

291. Per procacciarsi le scintille elettriche si usa uno strumento conosciuto col nome di elettroforo; il quale consiste in una padella di lamerino o di legno ripiena di sostanza resinosa, che presenta una superficie levigata ed esente da scabrosità e fenditure; sulla quale superficie resinosa poggia un piatto metallico che ha nel suo centro un manico isolante (Fig. 124); stropicciando sulla superficie resinosa con un panno di lana o con una pelle, e poggiandovi di poi il piatto sopra, l'elettricità negativa che si manifesta nella superficie resinosa agisce per influenza decomponendo il fluido naturale del piatto metallico, che si fa comunicare col suolo, in maniera che non vi resta che del fluido positivo; se si sospende il piatto isolato, la sua elettricità latente divenuta libera può essere comunicata ad un altro corpo.

I fucili elettrici a gas idrogeno hanno un elettroforo, in cui il movimento del rubinetto, che dà uscita al gas idrogeno fa muovere il piatto metallico dell'elettroforo; e per mezzo di un filo conduttore la scintilla elettrica passa attraversando il getto del gas e l'accende.

292. Di tutti gli apparecchi atti ad accumulare l'elettricità lo più importante è la *bottiglia di Leyde* perchè scoverta nella Città di Leyde. La parte principale di quest'apparecchio (Fig. 125) consiste in una lastra o meglio un vase di cristallo che ordinariamente ha la forma di una bottiglia, in cui il cristallo non sia molto doppio; essa è rivestita internamente ed esteriormente da lamine di oro, di argento, o di stagno fino o dal suo orlo; a poca distanza dalla sua bocca, queste rivestiture si chiamano armature della bottiglia, e con distinzione la covertura interna armatura interna, e l'esterna armatura esterna; la porzione scoperta si ricopre ordinariamente di uno strato di gomma lacca per impedire maggiormente la comunicazione tra l'armatura interna e l'esterna; l'apertura del vase o della bottiglia è coverta da un sughero pel cui centro passa un asta metallica disposta verticalmente, di cui l'estremità inferiore tocca l'armatura interna della bottiglia o direttamente o mediante una catena metallica, e l'estremità superiore è terminata da una palla. Il più delle volte l'armatura interna viene formata da una quantità di foglioline d'oro o di argento poste alla rinfusa nella bottiglia. Se è una lastra curva in vece della bottiglia o di altro vase di cristallo, questa è ricoperta anche nelle due superficie da foglie metalliche in cui vi è però sempre uno strato scoperto intorno onde impedire la comunicazione delle due armature; quest'apparecchio che è un ottimo condensatore ha il nome speciale di *quadro magico*: si può accumulare l'elettricità sopra una delle sue superficie mettendola in comunicazione con una sorgente di elettricità e facendo comunicare l'altra col suolo.

Per caricare una bottiglia di Leyde si tiene con la mano per l'armatura esterna, o questa si poggia sul suolo facendo comunicare l'asta metallica che corrisponde all'armatura interna, col conduttore di una macchina elettrica, ovvero sospendendola al conduttore per mezzo dell'asta metallica, che il più delle volte è conformata a gancetto nella sua estremità superiore, e mettendo l'armatura esteriore in comunicazio-

ne col suolo. Nei due casi, la bottiglia staccata dal conduttore, si troverà la sua armatura interna carica di elettricità della stessa natura di quella del conduttore, e l'esterna di elettricità opposta. Se si fanno comunicare le due armature di una bottiglia, così caricata, mediante un corpo conduttore, le due elettricità in esse accumulate si precipiteranno l'una verso l'altra per formare il fluido naturale, e vi sarà allora una esplosione tanto più forte per quanto la sorgente elettrica è stata più energica, e la causa condensante più potente; a questo modo si opera la scarica della bottiglia di Leyde. Ordinariamente per operarla si usa un piccolo apparecchio che porta il nome di *eccitatore*, che consiste, o in un arco di filo di ottone terminato da due palline metalliche, o in due bacchette di ottone articolate a forbici, le due braccia curve sono terminate per due estremità da due palline metalliche, essendo fornite le altre due estremità da manichi isolanti (Fig. 126); si prende con le due mani o l'arco metallico e s'incurva finchè le due palline venghino in contatto con le due armature della bottiglia, o con i manichi isolanti, i quali si avvicinano e si discostano per fare che le due palline si mettano a contatto una coll'armatura esterna e l'altra coll'armatura interna della bottiglia.

293. Se nella carica della bottiglia l'armatura esteriore è isolata si ha una carica debolissima, e come se l'armatura interna facesse parte del conduttore. Possiamo facilmente assicurarci che le due armature di una bottiglia caricata contengono dell'elettricità opposte, sospendendo un pendolo (Fig. 127) fra due palline conduttrici che comunicano con le due armature e ritenute alla stessa altezza della pallina del pendolo. Dietro che si è caricata ed isolata la bottiglia, l'elettricità naturale del pendolo è decomposta dalla doppia influenza delle palline che l'affiancano, e si vede questo attirato e respinto or dall'una or dall'altra delle due palline che comunicano colle due armature; essendo la prima ad attirarlo quella che corrisponde all'armatura interna, perchè go-

de di un'azione più energica; osservandosi in ciascun contatto una scintilla o ricomposizione di fluido naturale, e queste oscillazioni finiscono con la discarica della bottiglia.

Le armature metalliche di una bottiglia sono utili soltanto per la carica e la discarica della bottiglia mettendo in comunicazione i diversi punti della superficie del vetro, ma non già perchè in esse si accumula l'elettricità. Per mettere questo in piena evidenza basta avere una bottiglia le cui armature non sieno aderenti alla bottiglia acciò facilmente se ne possono distaccare, o se in vece della bottiglia si adopera un semplice disco di vetro interposto tra due piatti metallici; questo condensatore si può caricare col processo ordinario e separarne in seguito sussecutivamente i dischi metallici. Mettendo in comunicazione le superficie del disco di vetro per mezzo di un corpo conduttore si ha una discarica quasi così poderosa che quanto era armato dai due dischi metallici; dal che si può conchiudere che la carica elettrica risiede quasi totalmente nelle due superficie del vetro. Bisogna avvertire che la discarica delle due superficie del disco di vetro non succede istantaneamente e totalmente, discaricandosi soltanto quei punti che si mettono in comunicazione.

294. La discarica della bottiglia di Leyde, come quella di tutt'i condensatori in generale produce effetti rimarcabilissimi, qualora la materia elettrica attraversa i corpi; ma prima di descrivere questi effetti è necessario indicare i mezzi che sono in nostro potere per aumentare l'intensità della carica, o le masse di elettricità contrarie, onde avere nella discarica effetti più energici. Or dietro le teoriche esposte, le quantità di fluido accumulate sulle armature di un condensatore sono tanto più grandi, per quanto la sorgente produttrice dell'elettricità è più energica, la lamina di cristallo ha minor grossezza, e le superficie metalliche sono più estese; dobbiamo esaminare fino a che punto queste tre cause differenti possono concorrere per corrispondere allo scopo.

La sorgente è una macchina elettrica in attività; la sua

energia dipende dalla natura del corpo strofinante, dall'estensione della superficie strofinata, dalla velocità di rotazione del disco, e dal grado di conducibilità dell'aria che lo circonda. Di fatti allorchè il conduttore è munito di un pendolo indicatore (Fig. 128) si vede questo pendolo elevarsi a poco a poco allorchè la macchina si mette in attività; e dopo un certo tempo si stabilisce ad una data elevazione nella quale resta fisso finchè dura l'attività della macchina; dal che si conchiude che la tensione elettrica aumenta gradatamente sul conduttore, fino ad un certo limite, al di là del quale non aumenta più. Or se il movimento uniforme del piatto fornisce quantità costanti di elettricità libera che passano nel conduttore, nello stesso tempo il contatto dell'aria distrae da questo una porzione di elettricità tanto maggiore per quanto la carica è più forte; la perdita, quantunque inferiore all'acquisto, crescendo in corrispondenza della carica elettrica deve giungere ad uguagliarla, e da quest'istante l'elettricità che si disperde pel contatto dell'aria uguaglia quella sviluppata dal gioco della macchina. Quest'equilibrio venendo a succedere tanto più tardi, e conseguentemente il limite della carica è di tanto più forte, per quanto il movimento del disco fornisce più elettricità, e che l'aria ne distrae meno; l'energia della sorgente sarà dunque favorita da tutte le circostanze che aumentano lo sviluppo dell'elettricità, e che diminuiscono la conducibilità dell'aria; perciò quanto più è estesa la superficie strofinata del disco, e quanto più questo ha un movimento celere, e quanto più l'aria atmosferica è secca, tanto più la carica è intensa che il condensatore riceve dalla macchina.

La grossezza della lamina di cristallo, che separa le due armature, non può essere impicciolita al di là di un certo limite; essendo dimostrato dall'esperienza, che la tendenza alla riunione delle due elettricità accumulate sulle due superficie di questa lamina può determinarne la rottura, qualora le pressioni prodotte dalla loro accumulazione sono molto con-

siderevoli. Ad ovviar ciò è necessario dare una certa spessezza al cristallo affinchè la sua rottura non potesse aver luogo; perciò il solo mezzo che ha rapporto al condensatore onde aumentare in esso la carica elettrica consiste nell'estendere le superficie delle sue armature.

Per tal ragione si riuniscono molte bottiglie in modo tale disposte che si possono caricare e discaricare tutte in una sola volta; quest'apparecchio che dà un effetto moltiplicato porta il nome di *batteria elettrica*. Le bottiglie sono fissate in una stessa scatola ricoverta nel fondo da una foglia di stagno, che comunica col suolo; un conduttore formato da bacchette metalliche mette in comunicazione tutte le armature interne, e può esser posto in contatto col conduttore della macchina elettrica (Fig. 129). Un condensatore le cui superficie metalliche sono dell'estensione di 8 a 10 piedi quadrati basta per produrre la maggior parte dei fenomeni dovuti al passaggio istantaneo dell'elettricità a traverso dei corpi.

295. Allorchè una macchina non elettrizza che il solo suo conduttore, il pendolo indicatore in esso adattato s'innalza rapidamente, e ben tosto giunge alla sua massima elevazione; ma qualora la macchina è impiegata a caricare una batteria, il pendolo indicatore monta più lentamente e la sua elevazione è minore; la spiegazione di questa differenza n'è facile, dappoichè nel secondo caso è come se la macchina dovesse caricare di elettricità un conduttore la cui superficie avesse una estensione corrispondente a quella della batteria; nel qual caso l'elettricità somministrata dal disco, animata dalla stessa velocità, dovendosi spandere su di una superficie molto più estesa, l'accrescimento della sua carica deve essere per la stessa ragione molto più lenta; dippiù l'aria avendo un'influenza su di una superficie più estesa cagiona una perdita maggiore; talmentechè lo stato di equilibrio, di cui abbiamo parlato nel numero precedente, tra le quantità di elettricità acquistate e perdute contemporaneamente

devesi stabilire in uno stato di carica più debole di quanto la macchina non ha che il solo suo conduttore a saturare.

Dal fin qui detto risulta che per caricare direttamente, ed in un tempo limitato un condensatore, le cui superficie sono di molta estensione, bisogna mettere in opera una macchina molto energica; ma possiamo con una macchina anche di forza limitata ottenere una carica di molto energia in una batteria, disponendola in un modo particolare distinto col nome *di carica per cascata*. La batteria essendo composta da molte bottiglie, e disposte l'una in seguito dell'altra in modo da far comunicare l'armatura interna della prima bottiglia con la macchina, e l'armatura esterna di questa con l'interna della seconda bottiglia, l'armatura esterna della seconda con l'interna della terza, e così di seguito fino all'ultimo la cui armatura esterna comunica col suolo. Mettendo in attività la macchina l'armatura interna della prima bottiglia si carica di elettricità positiva e respinge il fluido dello stesso nome dalla sua armatura esterna, che va a caricare l'armatura interna della seconda bottiglia, e così di seguito; in questa operazione tutte le bottiglie poste in seguito della prima sono meno cariche di questa; ma dopo alcuni minuti s'interrompono le comunicazioni successive e si fanno comunicare tutte le armature interne col conduttore della macchina, e tutte le armature esterne col suolo; ed allora pochi altri giri del disco della macchina bastano per compiere la carica della batteria intera.

Per dar luogo alla discarica di una batteria bisogna mettere una delle palline dell'eccitatore in comunicazione col sistema delle armature esteriori, e di poi avvicinare l'altra pallina ad un punto del conduttore che comunica colle armature interne delle bottiglie, si avrà una scintilla tanto più lunga e brillante, e lo scoppio, che l'accompagna, tanto più intenso pur quanto la carica è più forte. Il più delle volte nei condensatori di grandi superficie la discarica non avviene in una sola volta, in modo che l'eccitatore dà per la seconda

volta una altra scintilla, la quale è sempre più debole che la prima; questo ci fa credere che le armature non si scaricano tutto ad un tratto, e che vi è una certa resistenza nella discarica compiuta, in modo che rimangono in qualche punto certe frazioni di elettricità, che si spandono uniformemente sulle superficie del condensatore costituendo in queste una carica più debole.

296. Dopo aver esposte le leggi che seguono le forze elettriche, data la teorica degli strumenti atti a manifestare la presenza dell'elettricità libera e indicarne la sua natura, e spiegato in che modo negli apparecchi si condensa la materia elettrica; ci resta a descrivere gli effetti prodotti dal passaggio dell'elettricità a traverso dei corpi; che comunque tuttavia sieno per la maggior parte senza spiegazione, pure per la loro importanza è necessario studiarli. Essi possono distinguersi in effetti fisici, chimici, e fisiologici, noi ci occuperemo particolarmente dei primi, diremo ciò che si conosce degli effetti fisiologici, e ci riserbiamo di trattare in altro luogo degli effetti chimici.

Il corpo umano è un buono conduttore dell'elettricità, principalmente per i liquidi che contiene; dimodochè una persona stando in comunicazione col suolo e in presenza di una sorgente di elettricità, il suo corpo viene a caricarsi per influenza di elettricità contraria; e se si avvicina a qualche punto del conduttore di una macchina in attività ne tira talune scintille; se poi la persona poggia su di uno scannetto le gambe del quale sono di vetro o di resina, mettendosi in comunicazione con una sorgente di elettricità essa presta l'uffizio di un conduttore di una macchina, cosicchè si possono tirare le scintille da tutte le parti del corpo, i capelli si erigono, e le estremità divengono luminose nell'oscurità al pari di tutte le punte elettrizzate. In queste due circostanze opposte le scintille elettriche tirate da una parte qualunque del suo corpo li destano una sensazione brusca e penetrante.

297. Allorchè si scarica una bottiglia di Leyde toccando

con le mani le due armature si risente principalmente nelle articolazioni un movimento accompagnato da un dolore tanto più vivo per quanto la carica è più intensa; questo è ciò che dicesi commozione elettrica. Se più persone si tengono per le mani formando una catena, e la prima tocca o tiene con la mano l'armatura esterna della bottiglia, e l'ultima tocca la pallina che comunica coll'armatura interna, tutte provano la stessa commozione. La discarica di una batteria ordinaria basta per far cadere in asfissia, e produrre alcune lesioni nell'organismo. La carica secondaria che si forma dopo la prima discarica di un possente condensatore può essere anche dannosa; perciò onde allontanare qualunque accidente bisogna lasciare per qualche tempo una comunicazione metallica tra le due armature della batteria dopo la discarica.

Se si dispongono certi corpi sul cammino che deve seguire l'elettricità nella discarica di una batteria, o di una semplice bottiglia di Leyde si osservano gli effetti corrispondenti a quelli prodotti da una elevata temperatura come sarebbero la fusione e l'ossidazione dei metalli. Se i corpi interposti non sono buoni conduttori questi possono essere franti, perforati, e presentare effetti simili a quei prodotti dal fulmine. Questo fenomeno può osservarsi comodamente per mezzo dell'eccitatore universale, il quale consiste in una piccola tavola di legno isolata da piedi di vetro (Fig. 130); alle due parti laterali s'innalzano due colonnette di legno che sostengono due aste metalliche terminate da due palline; queste aste sono in posizione orizzontale, ed hanno un movimento di altaleno. In mezzo alla tavoletta isolata s'innalza una colonnetta sulla quale si poggiano i corpi che vogliansi assoggettare all'esperienza in modo che abbassando le aste orizzontali la toccano; le altre estremità di queste sono poste in comunicazione una coll'armatura esterna di un condensatore per mezzo di una catena, e l'altra col sistema delle armature interne mediante l'eccitatore ordinario.

298. Se si adatta tra le due braccia dell'eccitatore univer-

sale un filo di ferro sottile di una lunghezza conveniente, questo diviene incandescente nella discarica di un condensatore, brucia e si disperde in una infinità di piccoli grani allo stato di ossido. Un filo di oro, nella stessa circostanza, è volatilizzato in una polvere violetta che macchia gli oggetti vicini. Il passaggio rapido dell'elettricità è bastante per infiammare i corpi combustibili, come l'idrogeno nel fucile elettrico, le resine, lo spirito di vino, la polvere di cannone; l'etere posto in una capsola sul conduttore della macchia elettrica s'infiamma allorchè si tira una scintilla dalla sua superficie col dito, o con un corpo conduttore qualunque.

È difficile assegnare la vera causa dello sviluppo di calorico che sembra accompagnare l'esplosione, o la scarica elettrica, particolarmente allorchè produce l'incandescenza, o la fusione dei metalli; questa si crede dipendere dalla compressione violenta prodotta dal passaggio rapido del fluido elettrico su i corpi che attraversa. L'esperienza seguente è in appoggio di questa idea, dimostrando che vi è in effetti movimento di aria, allorchè una scarica elettrica ha luogo tra due conduttori vicini. In un forte tubo di vetro (Fig. 131) situato verticalmente, e chiuso ai suoi estremi da due sugheri, che sono attraversati da due bacchette metalliche terminate da due palline che vanno nell'interno del tubo, le quali palline sono una di rimpetto all'altra ad una conveniente distanza; un altro tubo di piccolo diametro che s'innalza verticalmente comunica colla base del primo, e coll'altra estremità aperta comunica nell'atmosfera; il basso del tubo è occupato da un liquido colorato, il di cui livello sormonta per qualche poco la comunicazione col piccolo tubo, cosicchè resta interrotta la comunicazione del grande tubo coll'aria esterna. Allorchè le estremità esterne delle due bacchette metalliche si mettono in comunicazione con le armature di un condensatore, la discarica si effettuisce, e si osserva che il livello del liquido si eleva momentaneamente nel tubo laterale. Or dunque l'aria è rimossa allorchè due masse di elettricità contra-

ria si portano l'una verso l'altra per combinarsi; e questo spostamento subitaneo cagiona una compressione locale che si propaga negli strati lontani, e produce lo strepito dell'esplosione; è a questo calore sviluppato per effetto di questa compressione che si attribuisce la luce delle scintille. Ma non si saprebbe dare spiegazione per mezzo di questa ipotesi dei cangiamenti di volume che subisce la luce elettrica, allorchè l'esplosione ha luogo in un'aria che va minorando di densità, nè della luce pallida e colorita che presenta l'elettricità allorchè essa si spande in uno spazio vuoto.

299. La luce elettrica si può osservare, disponendo su di un pezzo di cristallo di una forma qualunque dei pezzettini di lamine metalliche, separati gli uni dagli altri da piccioli intervalli e facendoli attraversare da una corrente elettrica. Se di questi pezzettini di lamine metalliche si formano le armature di una bottiglia di Leyde, nella carica e nella discarica si osservano una moltitudine di scintille prodotte dal passaggio dell'elettricità per questo conduttore disgiunto.

Il passaggio dell'elettricità nel vuoto si osserva per mezzo di un lungo tubo di vetro chiuso a suoi estremi da due dischi di metallo uno dei quali è attraversato da un'asticina metallica che porta due palline situate nelle sue estremità; l'altro disco ha nel suo centro un buco al quale si adatta dalla parte esteriore un rubinetto, e nella superficie interna vi è un'asticina metallica che termina in una pallina posta dirimpetto alla prima (Fig. 132). Si apre il rubinetto e si adatta ad una macchina pneumatica per estrarre l'aria dal tubo al più compiutamente possibile; chiuso il rubinetto si distacca l'apparecchio dalla macchina pneumatica, e si dispone in modo che il disco nel quale vi è attaccato il rubinetto comunica col suolo, e la pallina esteriore del disco opposto è tenuta a piccola distanza dal conduttore di una macchina elettrica. Facendo girare il disco di questa, si osserva nell' oscurità, a ciascuna scintilla che si distacca dal conduttore, un getto di luce cilestre pallida, che occupa tutto l'interno del tubo vuoto di aria.

Si può usare in vece del tubo un vase di vetro di forma ellittica come è espresso nella (Fig. 133). Questo sperimento dimostra puranche che l'aria atmosferica secca non conduce l'elettricità e ritiene colla sua pressione la materia elettrica sulle superficie dei corpi; dappoichè si distacca immediatamente da questi nel vuoto.

300. Il colorito della luce elettrica varia in corrispondenza dello stato igrometrico dell'aria, e della natura dei corpi tra quali succede la scarica elettrica il che sembra che il fluido elettrico strascina con sè talune particelle dei corpi pe'quali attraversa. Di fatti il signor Fusinieri ha dimostrato che le scintille prodotte da forte discarica di una sfera di ottone o di argento trasportano con esse del metallo in fusione; se la sfera di argento è separata dalla pallina dell'eccitatore da una lamina di rame di una certa spessezza situata obliquamente, le particelle di argento trasportate dalle scintille perforano la lamina di rame, e aderiscono in parte lungo le pareti del canale obliquo che si forma, ed altre particelle penetrano nella pallina dell'eccitatore. Dopo una forte scintilla prodotta tra due palline di differenti metalli come rame e argento si osservano talune particelle del rame sulla pallina di argento e viceversa. Perciò è da credersi che l'incandescenza e la combustione di queste particelle metalliche facilmente ossidabili, producono la luce viva delle scintille in queste circostanze ed i suoi diversi colori.

Un gran numero di esperienze provano l'esistenza di una forza di espansione, che tende ad allontanare da un corpo conduttore le particelle dalla sua superficie, allorchè questo corpo viene attraversato da una poderosa scarica elettrica. Priestley ha osservato che la discarica di una energica batteria elettrica, operata da una grossa catena di metallo, fa staccare da questa catena una polvere nerastra che macchia i corpi vicini, avendo trovata una piccola minorazione nel peso della catena. Un pezzo di carbone, posto su di un pezzo di legno tenero, è ridotto in polvere allorchè viene attraversato

da una forte scarica, e la polvere s'intromette nel legno.

301. Il passaggio istantaneo dell'elettricità attraverso di un corpo conduttore può produrre due effetti distinti cioè la fusione o la polverizzazione di porzione di esso; è difficile indicare le circostanze che devono concorrere per produrre l'uno o l'altro effetto; dappoichè possono ottenersi nel medesimo tempo e sullo stesso corpo conduttore. Di fatti Priestley servendosi di una batteria di una superficie di 40 piedi quadrati ne operò la discarica mediante una piccola lamina di un metallo che riceveva la scintilla direttamente nel suo centro, osservò su questa lamina certe macchie circolari; talune composte di punti brillanti e di cavità che l'indicarono una fusione superficiale, le altre prodotte da una polvere nera poco aderente; queste macchie concentriche si succedevano alternando. Lo stesso fenomeno fu osservato sulle lamine polite di diversi metalli, ma la grandezza dei cerchi concentrici e la profondità delle cavità furono varie per i diversi metalli.

Tutti questi fatti, qualunque sieno, concorrono a provare che l'elettricità accumulata istantaneamente in un corpo solido tende a distruggere la sua forza di aggregazione. Per tale ragione un liquido elettrizzandosi acquista maggior fluidità, il che viene confermato dal seguente sperimento: se si sospende per mezzo di una catena al conduttore di una macchina elettrica un vase di metallo pieno di acqua, fornito nel basso di un'apertura capillare per la quale il liquido può gocciolare; subitochè si fa girare il disco di cristallo della macchina le gocce minorano di grandezza, ma si succedono più presto, e dopo poco tempo il gocciolio si converte in un filetto sottile dando una vena continua; la quantità di acqua fornita dall'orifizio è sempre la stessa in tutte le circostanze, variando soltanto per la diversa altezza del liquido nel vase. Ciò può dipendere dalla minorazione sì della forza di aggregazione che dell'attrazione capillare.

302. Un corpo di non molta spessezza non conduttore,

come una lamina sottile di vetro viene bucata allorchè si situa tra due punte metalliche fissate alle due braccia isolate di un eccitatore universale, essendovi sul vetro in corrispondenza delle punte metalliche una goccia di olio, per impedire la dispersione dell'elettricità, e fare che la scarica avesse luogo fra le due punte a traverso la lamina isolante. Per una causa simile avviene la rottura di una bottiglia di Leyde allorchè è formata da cristallo troppo sottile, e si assoggetta ad una carica forte.

303. Si è per lungo tempo cercato di determinare la velocità con la quale si propaga l'elettricità a traverso de'corpi conduttori; ma la rapidità con cui si trasmette la materia elettrica non fa marcare alcuna differenza di tempo per le diverse lunghezze di cammino. Il Signor Wheatstone mediante un apparecchio da lui ideato, ha trovato che il fluido elettrico percorre per un filo di ottone di due millimetri di diametro una estensione di 115000 leghe per ogni secondo di tempo, velocità molto superiore a quella della luce.

304. L'analogia tra gli effetti prodotti dalla macchina e dalle batterie elettriche, con quelli che si osservano nell'atmosfera nei tempi burascosi fece concepire al celebre Franklin la possibilità di dimostrarne l'identità delle loro cause; esso immaginò di innalzare nell'aria alcuni cervi volanti forniti di piccole punte metalliche, e sostenuti da cordicine nelle quali erano intessuti alcuni sottili fili di metallo, e queste ritenute al suolo da corpi isolatori. Allorchè uno di questi veniva in prossimità di una nuvola burascosa si potevano tirare dalla sua corda poderose scintille della lunghezza di più piedi accompagnate da uno scoppio corrispondente a quello di un'arme da fuoco.

Charles fisico francese fece costruire un simile apparecchio: il suo cervo volante era ritenuto da un forte cordone di seta intrecciata con fili metallici, ligato col suo estremo ad un arganetto isolato. Per evitare qualunque danno situò in vicinanza dell'estremità inferiore del cordone un filo di ferro che

s'immergeva nel suolo; or la materia elettrica presceglie il passaggio pel miglior conduttore a distanze uguali, perciò non vi ha niente à temere. A questo modo si possono studiare tutt'i fenomeni prodotti dall'elettricità atmosferica.

305. Non solo nelle nubi risiede l'elettricità libera, ma anche nell'atmosfera del che ce ne possiamo assicurare per mezzo di un elettrometro, la cui armatura ha un conduttore di una certa lunghezza terminata in punta, come quello della (Fig. 134). Questo essendo sollevato a tre o quattro palmi dal suolo in una campagna rasa, dà indizi di elettricità sempre positiva qualora l'aria è secca, e positiva o negativa nei tempi di pioggia: in quest'ultimo caso è necessario fissare all'asta dell'elettrometro una coppa di ottone, di tale diametro acciò l'armatura sottoposta del conduttore non si bagni. Dà lunga serie di sperimenti eseguiti con questi apparecchi, siamo assicurati che l'elettricità sparsa nell'aria secca è sempre positiva, e che questa cresce in indensità a misura che uno si eleva nell'atmosfera. I Signori Gay-Lussac e Biot nelle loro ascensioni areostatiche hanno osservato che un filo metallico bastantemente lungo sospeso alla barchetta si trovò elettrizzato negativamente nella sua parte superiore, quantunque in un tempo perfettamente sereno; il che si può spiegare perchè gli strati superiori dell'atmosfera più carichi di elettricità positiva degli strati inferiori, determinano una elettrizzazione per influenza più potente nella parte superiore del filo metallico verticale. Le osservazioni eseguite in uno stesso luogo, e sempre in tempo sereno, hanno dimostrato che lo stato elettrico degli strati inferiori dell' atmosfera subisce cambiamenti quasi costanti in ciascun giorno. Di fatti due ore circa prima del sorgere del sole e due ore circa prima del tramontare l'elettrometro marca le più piccole intensità elettriche; un'ora dopo che è spuntato il sole e qualche ora dopo il suo tramontare si ha nell'elettrometro la massima intensità elettrica. Le variazioni ordinarie dell' igrometro bastano per spiegare questi risultati generali. Di fatti verso la

fine della notte una gran parte dell'elettricità degli strati inferiori dell'atmosfera si è deposta nel serbatoio comune, sì pel deposito della ruggiada, che per la conducibilità facile di questi strati dovuti al loro stato eccessivo di umidità. Subitochè il sole si eleva sull'orizzonte la terra cominciandosi a riscaldare, i vapori che si elevano danno maggior conducibilità agli strati medii, e l'elettricità degli strati superiori si trasmette in maggior quantità negli strati inferiori, e l'elettrometro in questi stabilito deve indicare il più alto stato elettrico. Continuando ad agire i raggi solari si scema lo stato igrometrico dell'aria, le regioni elevate s'isolano più compiutamente, e perciò lo stato elettrico degli strati inferiori diminuisce, il che viene indicato dall'elettrometro. Quando il sole si avvicina al suo tramontare l'aria si satura di vapori e conduce meglio l'elettricità, onde l'elettricità degli strati superiori passa verso gli strati aderenti al suolo, e l'elettrometro marca uno stato elettrico maggiore. Finalmente tutte le parti dell'atmosfera limitate verso l'alto dagli strati sforniti di umidità perdono durante la notte la maggior parte della loro elettricità, e perciò l'elettrometro marca una minorazione fino al giorno susseguente. Le osservazioni elettrometriche fatte successivamente per più anni hanno fatto conoscere che la carica elettrica dell'atmosfera nei giorni sereni aumenta progressivamente dal mese di giugno fino alla fine di gennaio, e diminuisce da gennaio in seguito; quelle poi fatte nei tempi di pioggia e di neve danno certe indicazioni troppo dissimili e irregolari, da non poterne dedurre una legge generale. Se si confrontono i risultati ottenuti nei giorni piovosi di uno stesso anno, si trova presso a poco lo stesso numero di giorni in cui la carica dell'elettrometro è positiva, ed in quelli in cui è negativa.

306. Per lungo tempo si è cercato dai fisici la causa dello sviluppo dell'elettricità dell'atmosfera; molti fatti sembrano provare che l'evaporazione dell'acqua alla superficie della terra dà origine a questo fenomeno. Un seguito di sperimenti

eseguiti dal Signor Pouillet ci fanno conoscere che l'acqua pura evaporandosi non dà alcun segno di elettricità; ma che vi sono segni manifesti di elettricità nell'atmosfera allorchè l'acqua evaporata contiene un sale in dissoluzione, essendo allora i vapori carichi di elettricità positiva; or l'acqua alla superficie della terra non essendo mai pura, perciò la sua evaporazione diffonde l'elettricità nell'atmosfera; e questa elettricità è quella che si trasmette attraverso dell'aria umida fino alle nuvole.

Il Signor Gay-Lussac ha data una spiegazione soddisfacentissima dell'elettrizzazione delle nubi; riguardando i globuli vesciculari che compongono le nuvole come quelli che danno alla massa di aria circostante la proprietà di condurre la materia elettrica; considerando una nuvola come un corpo conduttore quantunque imperfetto, si capisce che nel momento della sua formazione, tutta l'elettricità sparsa nella massa di aria che racchiude si spande nella sua superficie; e delle nuvole così caricate, qualora vengono in contatto o in prossimità, possono dar luogo a certe esplosioni trovandosi cariche di elettricità opposte o inugualmente cariche della stessa elettricità. Resta a conoscersi come avviene questo diverso stato elettrico in esse, essendo l'atmosfera elettrizzata positivamente. Le nuvole sono prodotte a diverse altezze, e l'esperienza ci fa conoscere che l'elettricità atmosferica in un tempo sereno è più considerevole in corrispondenza della maggior distanza dalla superficie della terra, dal che si può credere che le nuvole superiori caricate di una maggior quantità di elettricità positiva che le inferiori, potendo agire per influenza su queste ultime, repellono il loro fluido positivo, e lasciano il fluido negativo.

Saussure ed altri fisici hanno osservato che l'acqua dispersa in gocce finissime in vicinanza delle cascate trascinano con esse dell'elettricità negativa; le nuvole che si attaccano ai fianchi delle montagne e restano in questa posizione per lungo tempo non ostante la forza dei venti, c'induce ad ammettere

una forza attrattiva la quale non può essere che l'azione dell'elettricità positiva delle nuvole con l'elettricità negativa accumulata allo stato latente alla sommità delle montagne. Questi fatti provano che la superficie della terra è in uno stato opposto di elettricità coll'atmosfera; perciò è evidente che la nebbia umida che si produce alla superficie dei fiumi dei laghi delle acque stagnanti, e del mare deve essere nello stesso stato elettrico dei corpi conduttori che comunicano col suolo; e se la rarefazione della nebbia prodotta dal riscaldamento dei raggi solari fa sì che si eleva nelle regioni superiori ne devono risultare delle nuvole elettrizzate negativamente. Di fatti Saussure ha osservato sulle Alpi che la nebbia innalzata dal fondo delle valli godeva dell'elettricità negativa.

307. Il lampo è certamente una luce elettrica prodotta dalla riunione delle due elettricità contrarie accumulate sulle superficie di due nuvole differenti. Il fragore del tuono presenta molte particolarità del che è difficile dare una spiegazione soddisfacente; il più delle volte si sente non un solo colpo ma un romorio che si va progressivamente indebolendo, e spesse volte si sentono molti colpi di uguale indensità. Il prolungamento di un solo suono può dipendere dall'ineguaglianza di tempo, che il suono, prodotto dallo spostamento dell'aria nei differenti punti del lungo tragitto di una scintilla, impiega per giungere all'orecchio. Per spiegare le produzioni di molti scoppi di uguale intensità bisogna ammettere che l'imperfetta conducibilità fra le nuvole divide la scarica totale in tante scariche parziali che si succedono a piccoli intervalli marcabili.

Gli effetti del tuono sono dovuti al passaggio istantaneo dell'elettricità a traverso dei corpi, con un indensità prodigiosa. Di fatti la folgore brucia, fonde o riduce in polvere i fili metallici che incontra; vetrifica o riduce in polvere la superficie delle rocce elevate che investe, priva di vita istantaneamente i corpi animati, infiamma i corpi combustibili come la paglia, la polvere ecc. frange i corpi poco

conduttori perchè l'impediscono il libero passaggio, distacca dai corpi conduttori quei corpi aderenti alle loro superficie, che non li permettono un libero passaggio; per tale ragione perfora i muri e slancia i pezzi metallici che vi si trovano conficcati, percorrendo una strada non la più breve, ma quella formata da corpi migliori conduttori dell'elettricità; perciò corre nell'atmosfera seguendo cammini spezzati e angolati, per condursi per quelle porzioni di aria più cariche di umidità; preferisce le sostanze metalliche ai corpi animati; e questi ai vegetabili; finalmente la folgore trasporta con sè le particelle materiali che distacca dai conduttori che attraversa o che raccoglie nell'atmosfera, depositandole sopra i corpi su cui la discarica si effettuisce.

308. L'identità degli effetti della folgore con quelli dell'elettricità prodotta dalla macchina elettrica, fece concepire a Franklin la bella idea di preservare i corpi situati alla superficie della terra da tutti gli accidenti causati dai fulmini, escogitando i *parafulmini*, che sono certi apparecchi destinati a trasmettere l'elettricità delle nuvole al serbatoio comune; i quali sono costruiti di corpi ben solidi e buoni conduttori, come sono le spranghe metalliche, onde poter resistere al passaggio rapido di una gran massa di elettricà. Le precauzioni che si richiedono nel disporli convenientemente possono desumersi dalle precedenti teoriche. Una moltitudine di osservazioni c'istruiscono, che qualora si vuole preservare un edifizio dai funesti effetti dell'elettricità atmosferica mercè i parafulmini, bisogna che le loro estremità superiori sieno ad un'altezza almeno di quindici a venti palmi al di sopra della sommità dell'edifizio, per non essere obbligato di costruirne molti per lo stesso fabbricato; avendo l'esperienza fatto conoscere che essi possono preservare attorno di loro uno spazio circolare di un raggio doppio della loro altezza. Alla base di ciascuna spranga si saldano diverse aste metalliche che discendono fino al suolo; in vece di queste qualche volta si sostituiscono catene metalliche o fili metallici. Una condi-

zione indispensabile si è d'immergere le aste ad una certa profondità nel suolo particolarmente se il terreno è secco, se poi il terreno è umido, bisogna circondare queste ramificazioni del parafulmine di carbone calcinato, onde impedire la facile ossidazione del metallo. Taluni fanno immergere la spranga di ferro in un pozzo o in un corso di acqua, essendo l'acqua un ottimo conduttore. A principio si credè indispensabile che i parafulmini dovessero essere forniti di punte nella loro estremità, e si diede una certa importanza alla forma delle spranghe, ma si è riconosciuto in seguito non essere queste condizioni di somma importanza a seguirsi. La grossezza del conduttore dev'esser tale da poter sopportare forti scariche elettriche senza fondersi; accidente che se mai avvenisse, s'interromperebbe il cammino alla materia elettrica, con molto rischio dell'edifizio; per il che un pollice di spessezza è più che sufficiente. Il Sig. Lapostolle ha sostituito con profitto alle spranghe metalliche alcune corde di paglia tenute sospese o da pertiche di legno, o dai muri dell'edifizio, e terminate superiormente da punte metalliche.

L'utilità dei parafulmini è chiaramente comprovata; essi sottraggono a poco a poco il fulmine dalle nuvole preservando da suoi funesti effetti un certo spazio intorno. L'elettricità delle nuvole decomponendo l'elettricità naturale dei corpi circostanti, attira l'elettricità di nome contrario al suo, e respinge l'altra, or questa decomposizione è istantanea, e si effettuisce a preferenza nei conduttori metallici. Citansi taluni fatti tendenti a provare l'inutilità dei parafulmini; anzi taluni l'accusano come perniciosi, perchè richiamano la materia elettrica. A questo si può opporre; che se mai qualche volta è avvenuto che la materia elettrica cumulandosi sul parafulmine, per non avere uno spazio pel suo libero corso corrispondente alla sua quantità, i funesti effetti che ne sono succeduti si sono limitati sull'apparato curvandolo, ed anche spezzandolo, senza apportare danno positivo all'edificio, purchè però si sieno serbate le giuste regole nella sua costruzione. Si

può leggere su tale argomento il rapporto fatto all'Accademia delle scienze di Parigi dai Signori Lefèvre, Gineau, Girard, Poisson, Dulong, Fresnel e Gay-Lussac; e il rapporto fatto da quest'ultimo alla stessa Accademia nel 1828.

Ordinariamente le burrasche seguono una direzione ch'è quasi sempre la stessa per un medesimo luogo; perciò è conveniente stabilire il primo parafulmine molto vicino all'angolo dell'edificio che sarebbe il primo colpito dalla burrasca.

309. Alle volte avviene che l'esplosione della folgore apporta accidenti a distanze significanti dal sito ove ha luogo; questo è un risultato delle nuvole burrascose al quale si dà il nome di *scossa nel ritorno*, *o colpi di rimbalzo*. Qualora una nuvola elettrizzata passa al di sopra di un luogo, agisce per influenza sull'elettricità naturale di tutt'i corpi situati in questo luogo, attira l'elettricità contraria alla sua verso le parti superiori di tutti questi corpi, e spinge l'altra nel serbatoio comune; in modo che tutt'i corpi che covrono una estensione corrispondente a quella della nuvola, quantunque lontanissimi gli uni dagli altri, vengono tutti caricati di elettricità latente di natura contraria a quella della nuvola; avendo luogo la scarica in uno di essi, sia perchè più elevato, o perchè la nuvola s'inclina più verso di esso, sia per essere miglior conduttore degli altri; l'ettricità latente sparsa su gli altri corpi divenendo libera e rientrando subitamente nel serbatoio comune, o attirando rapidamente l'elettricità di nome contrario necessaria per la sua neutralizzazione, fa sì che possono risultarne, su i corpi animati che traversa rapidamente, effetti analoghi a quei del fulmine.

Il fenomeno della scossa nel ritorno è in certo modo comprovato dall'esperienza della *pistola di Volta*. Questo apparecchio è composto da un vase metallico che si riempie di una mescolanza d'idrogeno e di ossigeno, o d'idrogeno e aria atmosferica, chiudendosene l'uscita con un sughero; nelle pareti del vase vi è una piccola apertura mediante la quale si dà passaggio ad un filo metallico circondato da un tu-

bicino di vetro, onde isolarlo dal resto dell'apparecchio; il tubicino è masticato nell'apertura, e il filo metallico, ch'è pure masticato nelle estremità del tubo, è terminato da due piccole palline, ed è curvato in modo che una delle sue estremità vadi a mettersi a piccola distanza dalla superficie interna del vase (Fig. 135). Se si assoggetta lo strumento ad una sorgente di elettricità facendo comunicare col suolo il suo inviluppo esteriore, mediante un corpo non perfettamente conduttore come il legno, e con la sorgente il filo metallico, soffrirà l'influenza dell'elettricità libera della sorgente, la quale nell'attraversare il filo metallico passa dalla pallina alle pareti interne del vase, e in questo passaggio dà luogo all'accensione del gas idrogeno, facendo succedere una detonazione quasi simile a quella di un colpo di pistola. La detonazione succede anche più forte se in vece di aria atmosferica e gas idrogeno caricasi la pistola di un miscuglio fatto precedentemente di una parte in volume di gas ossigeno e due di gas idrogeno.

310. È probabilissimo che la produzione della gragnuola dipenda dall'elettricità atmosferica, dappoichè i grandini sono più grossi allorchè le nuvole sono più cariche di elettricità. Il celebre Volta attribuì la produzione della gragnuola al raffreddamento prodotto dall'evaporazione per l'influenza del calorico dei raggi solari; ma questa spiegazione non persuase stantechè il raffreddamento prodotto dall'evaporazione deve essere equilibrato dall'influenza de'raggi solari; perciò si attribuì piuttosto all'abbassamento di temperatura degli strati aerei al di sotto di zero prodotta dai venti boreali. Questa sola causa potrebbe soddisfare per la produzione della grandine di una limitata grandezza; ma è impossibile credere che nel brevissimo tempo della caduta di una goccia di acqua possa tanto aumentarsi la sua massa congelata. Questa riflessione condusse Volta a cercare qualche causa, che potessè trattenere nell'atmosfera la gragnuola per un tempo maggiore di quello, che sarebbe necessario per la sua libera caduta; e si servì per la spiegazione di ciò di un antico speri-

mento conosciuto col nome di danza elettrica, nella quale alcuni corpi leggieri sono successivamente attirati e respinti da due piatti situati l'uno sotto l'altro ad una certa distanza, uno dei quali comunica col conduttore di una macchina elettrica e l'altro col suolo. Ammettendo nella produzione della grandine l'esistenza di due nubi disposte l'una al di sotto dell'altra, elettrizzate diversamente; queste attirando e respingendo la grandine, l'obbliga a fare delle ripetute corse tra le due nubi, investendo in ciascuna le goccie di acqua che consolida, aumentandosi così di volume. Questo parere è stato rigettato da molti fisici, ai quali è sembrato difficile che corpi così pesanti possono rimontare nell'atmosfera; ma se si riflette agli effetti meccanici prodotti da altre meteori come le trombe, le quali sono nubi cariche di acqua che sollevano e trascinano ne'loro movimenti tutto ciò che incontrano non parrà strana l'idea. Questa meteora che non può esser prodotta che da azione elettrica, ha la proprietà di sostenere e di lanciare grandini grossissimi, di sollevare grandi masse di acqua, di far girare intorno ed inghiottire bastimenti, di prendere carriaggi, sdradicare alberi, e strappare i tetti dalle case, per lanciarli a distanze considerevoli.

Dippiù si sa che molti fisici hanno osservato sulla sommità delle montagne i movimenti disordinati delle grandini nelle nuvole, e hanno inteso lo scroscio prodotto dal loro urto scambievole. La sola conchiusione importante che si può tirare da osservazioni raccolte in un gran numero di circostanze, si è che il fenomeno della grandine, e quello delle trombe hanno generalmente luogo quando due correnti di aria molto intense e in uno stato elettrico opposto coesistono nell'atmosfera.

Del Galvanismo, o elettricità Voltaica.

311. Nel 1789 Galvani fisico ed anotomico di Bologna notomizzando alcune ranocchie, stando in prossimità, come

taluni vogliono, di un conduttore elettrizzato, osservò certe contrazioni consimili a quelle prodotte dalla scarica elettrica; e queste contrazioni le ravvisò più energiche, allorchè il conduttore era formato da due metalli differenti. Cercando di riconoscere la causa di tale fenomeno, si persuase che bastava per la sua produzione di mettere in comunicazione, mediante un arco metallico, un nervo con un muscolo di una ranocchia recentemente ammazzata. L'esperimento riesce su diversi animali, ma gli animali a sangue freddo, come le ranocchie, sono preferibili a quelli a sangue caldo; perchè conservano più lungo tempo dopo la loro morte l'irritabilità muscolare, necessaria alla produzione di questo fenomeno. Galvani in vece di attribuire la causa di questo fenomeno all'elettricismo sviluppato dal contatto dei metalli, considerò i muscoli e i nervi come le superficie interna ed esterna di una bottiglia di Leyde, e che mettendoli in comunicazione, nel succedere lo stato naturale davasi luogo alle indicate contrazioni; e credendole prodotte da una nuova specie di elettricità la chiamò elettricità animale.

312. Questi fatti giunti alla conoscenza del celebre Volta, le cui scoverte sono caratterizzate non dall'azzardo, ma da profonde conoscenze, e da somma penetrazione, non tardò di attribuirne la causa all'elettricità sviluppata dal contatto de' metalli, e ciò dall'aver osservato che dal semplice contatto di due metalli eccitavasi in essi un debole grado di elettricità; di maniera che in uno potevasi riconoscere l'elettricità vitrea, e nell'altro la resinosa. Questa opinione confermata da altri fatti posteriori fu abbracciata dalla maggior parte dei Fisici.

Il Volta per comprovare l'esposto si servì di due dischi uno di zinco, e l'altro di rame, muniti ciascuno di un manico isolante; li soprappose l'uno sull'altro, e li separò in seguito, mettendone uno di essi, ma sempre lo stesso, in contatto col piatto inferiore del suo condensatore, facendo comunicare il piatto superiore del condensatore col suolo. Ripetendo quest'ope-

razione più volte giunse ad osservare alcuni segni di elettricità sul piatto collettore, allorchè sospendeva il piatto superiore.

313. Il solo contatto dei due metalli basta per isviluppare l'elettricità perciò due lamine una di rame e l'altra di zinco saldate tra loro devono essere costantemente elettrizzate, ed i due metalli devono caricarsi di elettricità libera di nome contrario, la quale non è ravvisabile per la sua tenuità, ma si può osservare per mezzo del condensatore, mettendo uno dei suoi piatti in comunicazione col suolo, e toccando l'altro ch'è ordinariamente di rame con l'estremità rame de'due dischi saldati, mentre che l'estremità zinco è tenuta con la mano. L'equilibrio elettrico non potrà stabilirsi che allorquando la tensione dell'elettricità libera del piatto toccato sarà uguale alla forza repulsiva dovuta alla decomposizione del fluido naturale che si opera al contatto dei due dischi metallici, alla quale Volta ha dato il nome di *forza elettrometrica*. Or l'elettricità latente mantenuta sul piatto dall'azione del condensatore, potendo essere cento volte più considerevole che questa elettricità libera; l'allontanamento dei due piatti potrà dare taluni segni di elettricità osservabili. Al contrario se si tocca il piatto del condensatore con l'estremità zinco tenendo l'estremità rame colla mano, il condensatore non manifesta elettricità. Volta spiega quest'anomalia, facendo osservare che il piatto del condensatore essendo della stessa natura del disco di rame, il disco di zinco si trova in mezzo a due pezzi di rame, e perciò le forze elettromotrici opposte si equilibrano, e il fluido naturale dello zinco non viene decomposto. Di fatti allorchè s'interpone tra lo zinco e il piatto del condensatore uno dei corpi, considerati da Volta come semplici conduttori, i quali non hanno proprietà elettomotriche, come è la carta bagnata, il condensatore dà segni sensibili di elettricità contraria a quella osservata nel caso precedente. In queste sperienze il rame si carica di elettricità negativa e lo zinco di elettricità positiva: altri metalli provati ugualmente danno risultati analoghi. Volta distingue quei

corpi che hanno facoltà elettromotrici col nome di *elettromotori*, ed altri che col contatto non sono capaci di sviluppare elettricità, ma che conducono bene il fluido elettrico col nome di *non elettrometri*, o di *conduttori* semplicemente.

314. Volta dietro meditazioni ed esperimenti eseguiti nel corso di circa nove anni gli riuscì di costruire un apparecchio formato da diverse coppie metalliche capaci di produrre una corrente continua di elettricità e di ben lunga durata, e questo apparecchio è riconosciuto col nome di *pila di Volta*. Una tale scoverta ha influito moltissimo nei progressi della fisica e della chimica; quantunque la sua teorica è ancora imperfetta; dappoichè tra le diverse ipotesi ideate per ispiegare i suoi effetti non ve n'è una che sia esente da dubbii e obiezioni.

La pila di Volta, tal quale come fu da lui ideata, consiste in diverse coppie di dischi di rame e di zinco disposte l'una sull'altra su di un sostegno isolatore, in modo che le superficie contigue sieno di differenti metalli; ciascuna coppia metallica è separata da un disco di cartone o di flanella di un diametro poco più piccolo dei dischi metallici, ed inzuppati di una soluzione salina o acida; la loro disposizione è come segue: zinco rame e flanella, continuando sempre collo stesso ordine, venendo terminata la pila da una parte con un disco di rame, e dall'altra con un disco di zinco.

La pila composta come abbiamo detto si carica di elettricità contraria nelle sue estremità allorchè è isolata; e di elettricità positiva alla sua estremità zinco, allorchè la sua estremità rame comunica col suolo, o di elettricità negativa alla sua estremità rame, qualora la sua estremità zinco è in comunicazione col serbatoio comune. Possiamo assicurarci del già detto mettendo in comunicazione col piatto collettore del condensatore di Volta l'estremità della pila di cui si vuole studiare lo stato elettrico; ma se si vuole verificare la legge di proporzionalità, che Volta assegna tra le tensioni estreme e il numero degli elementi della pila, bisogna mettere in opera la

bilancia di Coulomb, mediante la quale possiamo restar convinti che queste tensioni aumentano col numero degli elementi, e colla diversa estensione delle loro superficie.

315. Esaminando tutte le circostanze che possono influire nello sviluppo e nel movimento dell'elettricità in questo apparecchio, si è conosciuto che l'azione chimica esercitata tra i metalli e i liquidi conduttori che lo compongono ha molta parte nella scomposizione del fluido naturale. Di fatti gli acidi, perchè agiscono con maggiore energia su i metalli, sembrano essere i migliori conduttori onde favorire l'energia de'fenomeni voltaici. Wollaston è stato il primo ad opinare, che alla sola azione chimica sono dovuti i fenomeni della pila, e l'esperienza ha dato un gran peso a questa opinione.

Per mezzo del condensatore di Volta si può provare, che vi è sviluppo di elettricità nelle azioni chimiche; di fatti se sul piatto collettore si situi un disco di carta bagnata, al di sopra del quale una capsula di zinco con acido solforico che agisce chimicamente sulle sue pareti, immergendo l'estremità di un filo di platino nell'acido solforico che coll'altra sua estremità comunica col suolo, il condensatore marcherà una carica elettrica sensibile; il che dimostra che vi è decomposizione di fluido naturale: durante l'azione chimica, uno degli elementi si trasmette nel suolo pel filo di platino, l'altro passa dalla capsula al piatto del condensatore a traverso del conduttore umido. Sperienze simili ripetute tra diversi liquidi acidi atti ad agire chimicamente su diversi metalli hanno dato sempre risultati consimili.

Il signor Pouillet ha osservato che la combustione del carbone sviluppa l'elettricità, purchè s'impedisca il contatto della parte non bruciata col prodotto della combustione per evitare la ricomposizione delle due elettricità, trovandosi il carbone elettrizzato negativamente, ed il gas acido carbonico positivamente. Il Signor Bequerel ha dimostrato che vi è sviluppo di elettricità nell'azione chimica degli acidi colle basi, e de sali tra essi; in una parola tutte le azioni chimiche

ancorchè deboli sviluppano elettricità. Allo stesso modo si può attribuire ad azione chimica l'elettricità sviluppata nella pila. Resterebbe a sapersi se il solo contatto dei metalli differenti è bastante per isviluppare l'elettricità nella pila, o se la debolezza delle azioni chimiche esercitate dall'ossigeno dell'aria sugli elementi della pila diano luogo allo sviluppo di elettricità che Volta attribuisce al solo contatto dei metalli; essendosi osservati segni di elettricità i più marcati allorchè una pila era esposta all'influenza dell'aria atmosferica, o di altra sostanza gassosa capace di esercitare azione chimica su i metalli che compongono la pila, e di non ravvisarsi alcun segno di elettricità allorchè l'apparecchio era circondato da un gas che non ha azione chimica sopra di essi. Dippiù esposta nell'aria la pila si osserva uno sviluppo di elettricità marcata qualora i bordi de'suoi elementi non sono ossidati, e qualora lo sono non manifesta elettricità sensibile. Posto ciò pare che gli effetti della pila sieno spiegabili più facilmente ammettendo che le sole azioni chimiche sviluppano le elettricità, che quando si fanno dipendere dal solo contatto dei metalli. Ma sarebbe falso il conchiudere che questa teorica è meno imperfetta, e che il semplice contatto dei corpi non produce giammai elettricità; dappoichè conosciamo che il contatto di un pezzo di per-ossido di manganese con un metallo non ossidabile nell'atmosfera, come l'oro, o il platino manifestano elettricità riconoscibile per mezzo di un elettrometro condensatore molto sensibile. Perciò sarebbe meglio innestare queste due teoriche e credere che sì l'azione chimica, che il contatto tra i metalli concorrano allo sviluppo dell'elettricità.

316. La pila di Volta costruita nel modo descritto, come l'ideò il suo inventore, presenta l'inconvenienza, che il peso delle coppie metalliche comprimendo i dischi di carta, o di flanella ne spremono il liquido; il che diminuisce la conducibilità interna, e stabilisce il più delle volte una comunicazione esteriore tra le coppie lontane, le quali cose diminuisco-

no molto, e possono ancora annullare gli effetti della pila; perciò si sono immaginate diverse forme atte ad eliminare tali inconvenienti, che brevemente descriveremo.

La pila detta a corona e a tazze è composta da due lamine di zinco e di rame saldate capo a capo, e curvate in modo da formare un arco metallico, dei vasi di cristallo che contengono una dissoluzione salina o acida, sono sussecutivamente disposti e riuniti da questi archi metallici simili e similmente disposti, le cui estremità s'immergono nei liquidi posti nei vasi di cristallo; di modo che l'estremità zinco di un arco che s'immerge nel liquido di un vase non abbia contatto immediato coll'estremità rame dell'arco susseguente posta nello stesso vase (Fig. 136). In questo apparecchio ciascun arco metallico fa l'uficio di un elemento della pila precedente, e il liquido in ciascuna tazza supplisce ai dischi di carta o di flanella bagnata. Quest'apparecchio non è molto usato sì perchè ha poco energia, che per la forma non molto comoda.

La pila a vaschetta o a truogolo, che fu ideata in seguito, consiste in una cassetta di legno divisa in piccoli vani da tramezzi formati da lamine di rame e zinco saldate l'una sull'altra, disposti paralleli tra loro e parallelamente posti ai piccoli piani opposti della cassetta, i quali s' innestano con un mastice in incassi fatti nelle pareti della cassetta, (Fig. 137); la cassetta è ripiena di un liquido acido o salino, due fili metallici o sono immersi nei vani estremi della cassetta, ovvero si fanno comunicare con le lamine estreme metalliche una di zinco e l'altra di rame poste alle estremità della cassetta; e questi fili si caricano ai loro estremi di elettricità libera contraria; siffatto apparecchio è di un uso più comune essendo facilmente trasportabile. Si può aumentare l'energia di quest'apparecchio disponendo diverse di queste cassette l'una in seguito dell' altra facendole comunicare tra loro con i poli di diverso nome. Ma la costruzione di questo apparecchio la più vantaggiosa è quella conosciuta col nome di pila di Wollaston. In questa le lamine metalliche sono mon-

tate sopra una traversa di legno per poter essere immerse immediatamente in una serie di vasi di vetro separati, corrispondenti ciascuno ad una coppia di lamine, i quali contengono liquido acido (Fig. 138). Ciascuna coppia delle piastre che s'immergono in un medesimo vase sono in tal modo disfatte, che i due metalli non offrono alcun contatto tra loro. A questo modo si può a piacere far continuare o cessare l'azione della pila, con tenere immerse le coppie nel liquido acido posto nei vasi di vetro, o sospendernele; e ciò è di non poca importanza, permettendo d'impiegare un liquido molto acido e di sospendere immediatamente le coppie metalliche, allorchè anche per un limitatissimo tempo si debba far cessare l'azione elettrica. Siccome lo zinco è più facilmente attaccabile dagli acidi, perciò le lamine di zinco si fanno sempre più consistenti.

Finalmente si può avere una pila di una forma semplicissima ed economica, la quale si usa per produrre i fenomeni che non richieggono una grande tensione, ma una grande massa di elettricità in movimento; essa è composta da due lamine di zinco e di rame parallele, il cui insieme è conformato in forma di spirale, ma che non si toccano in alcuna parte (Fig. 139); le spire sono ritenute a piccola distanza tra loro, essendovi frapposto un tessuto di vinchi; nel mezzo v'è un piccolo manico di legno al quale è fissato tutto l'apparecchio, e serve per sollevarlo le estremità delle lamine si fanno terminare da fili metallici. Immergendolo in una vaschetta contenente un liquido acido si hanno grandi superficie in contatto col liquido, quest' apparecchio ch' è una pila di un solo elemento è preferibile in alcuni casi ad una pila multipla.

317. In generale gli effetti della pila sono dovuti al passaggio continuo dell'elettricità, ovvero a certe correnti elettriche che si stabiliscono allorchè le due estremità dell'apparecchio sono poste in comunicazione mediante un corpo conduttore; o pure quando i due poli sono di tanto ravvi-

cinati, che le elettricità contrarie, che vi affluiscono continuamente, possono riunirsi, non ostante l'intervallo che li separa. In questo stato l'equilibrio elettrico è impossibile a stabilirsi, dappoichè se da una parte le forze elettromotrici dell'apparecchio tendono sempre ad accumulare verso le estremità i fluidi contrari; dall'altra parte il conduttore interposto tra i poli riunisce continuamente queste elettricità accumulate; perciò i due fluidi sono in continuo movimento nella pila qualora tra i poli vi è interposto un corpo conduttore; il fluido positivo girerà continuamente nell'apparecchio passando dall'elemento rame all'elemento zinco, e dal polo zinco al polo rame nella comunicazione dei poli. Il fluido negativo girerà ugualmente, seguendo un cammino opposto; val quanto dire passerà dall'elemento zinco all'elemento rame nell'apparecchio, e dal polo zinco al polo rame nei poli.

Dovendo la pila, qualunque ne sia la sua costruzione terminare da un estremo con un elemento zinco; perciò questo è detto polo zinco o polo positivo, perchè in esso si accumula l'elettricità positiva; l'altro estremo che termina coll'elemento rame è detto polo rame o polo negativo, perchè in esso si accumula l'elettricità negativa. Allorchè i due poli sono riuniti per mezzo di un conduttore si dice che il circolo voltaico è formato, e l'insieme delle correnti elettriche che percorrono questo circuito si dicono correnti voltaiche. Finalmente si è convenuto d'indicare col senso di corrente multipla, quella del fluido positivo nel modo come si aggira questo fluido; così la corrente voltaica va dal polo negativo al polo positivo nella pila, e dal polo positivo al polo negativo nel conduttore interpolare.

Allorchè un individuo tocca con le punte delle dita delle mani i poli di una pila isolata soffre una commozione così viva, come quella prodotta dalla scarica di una batteria elettrica, e differisce soltanto nel modo come si risente nelle braccia; essa è tanto più intensa per quanto la pila è composta da un maggior numero di coppie. Se più persone formano

una catena toccandosi con le mani, e gl'individui estremi di questa catena comunicano con i due poli della pila, la commozione si risente ordinariamente dalle sole persone le più prossime a questi poli. La forma primitiva della pila voltaica, cioè quella ideata da Volta pare essere la più conveniente alla produzione di questi fenomeni. Con una pila energica le commozioni sono insopportabili, e possono essere pericolose. Le commozioni che si risentono sono prodotte dalla ricomposizione del fluido naturale, avvenendo in questa lo stesso che succede nella bottiglia di Leyde, con la sola differenza, che in questa l'azione è istantanea, perchè la riunione dei due fluidi si effettuisce una sola volta; qualora la commozione prodotta dalla pila è continua, perchè continuamente succede la scomposizione e ricomposizione del fluido naturale, il che forma il suo carattere principale.

Per comprovare l'analogia che vi è tra la materia elettrica sviluppata con lo strofinio, e quella che si ha dalla pila Voltaica, basta caricare una bottiglia di Leyde con la pila; il che si ha mettendo in comunicazione uno dei poli coll'armatura interna della bottiglia, e l'altro col suolo e l'armatura esterna. Questa carica è istantanea, ed è molto più debole di quella che si ha dalla macchina elettrica, nè la sua intensità è corrispondente al tempo che le armature della bottiglia sono in comunicazione con i poli della pila. La rapidità con cui si opera dipende, dacchè l'elettricità nell'apparecchio si mette in movimento con una velocità consimile a quella dell'elettricità libera, subitochè l'equilibrio voltaico è distrutto.

Un gran numero di sperimenti sono stati ideati per riconoscere e studiare le contrazioni e i movimenti straordinari che una corrente voltaica produce nei corpi organizzati viventi, o di fresco estinti. Ma la maggior parte di questi effetti, e le loro modificazioni dipendono dalla natura degli organi traversati e dal modo come sono attraversati; i quali sono del dominio della fisiologia piuttosto che della fi-

sica. Di fatti allorquando la corrente positiva del circolo voltaico si propaga nei nervi percorrendo le loro ramificazioni produce una contrazione muscolare al momento in cui incomincia, ed una sensazione quando cessa; all'opposto se si propaga in senso opposto, cioè dalle ramificazioni ai nervi principali, produce una sensazione quando persiste, ed una contrazione nel momento che s'interrompe. Nelle asfissie, e nei cadaveri recentemente suppliziati si sono ottenuti effetti prodigiosi; così in circa mezz'ora un asfissiaco è stato richiamato in vita col soccorso di una corrente voltaica, e questa applicata negli organi convenienti nei cadaveri di recente suppliziati li ha ridonata la respirazione, e le funzioni digestive. Questi effetti possono indicarci l'influenza dell'elettricità sull'organismo, e sarebbe a desiderarsi che sperimenti accurati ci dassero risultamenti precisi della sua influenza sì nello stato sano che nel morboso.

318. Allorchè si avvicinano le punte di due fili metallici, che comunicano con i poli di una pila in attività, si osservano tra queste punte alcune scintille, che si succedono continuamente con una indensità corrispondente all'energia della pila. Se alle estremità di questi fili si adattano due pezzetti di carbone calcinato, i quali sono divenuti conduttori mediante la loro immersione a caldo in un bagno di mercurio, avvicinandoli tra loro, si osserva nei punti di contatto una luce consimile a quella del sole; osservandosi ciò, allo stesso modo, non solo nell'aria e negli altri gas, ma anche nel vuoto. Allorchè l'estremità di uno dei fili è circondato da una foglia sottile di argento o di altro metallo, facendo agire l'estremità dell'altro filo su i bordi di questa fogliolina, essa sarà brugiata, o diverrà incandescente nei punti toccati; questa combustione o incandescenza è accompagnata da getti di luce che presentano varii colori.

Se i due poli di una pila in attività si fanno comunicare da un filo metallico sottile e corto, questo si riscalda, si arroventa, e qualche volta si fonde o brugia; quel ch'è degno

di considerazione si è la prolungazione dell'incandescenza del filo, qualora la fusione non avviene, e questa incandescenza, consimile a quella che si ha dalla scarica di una bottiglia di Leyde o di una batteria elettrica, è da credersi prodotta da sviluppo di calorico racchiuso tra le molecole del corpo, che si sviluppa allo stesso modo; come per l'effetto di una forte compressione dagli sperimenti del Signor Childeren si desume, che la proprietà tra i metalli di divenire incandescenti è nella ragione inversa della loro facoltà conduttrice dell'elettricità. Il Signor Delarive fa dipendere gli effetti calorifici dalla resistenza che soffre la corrente elettrica nel passaggio da una molecola all'altra.

Il calorico prodotto dal passaggio dell'elettricità a traverso dei liquidi è più difficile a dimostrarsi; dappoichè non solo essi sono dotati di dose maggiore di calorico specifico; ma l'evaporazione e decomposizione del liquido, dando risultati gassosi, si ha per tal motivo molta dispersione di calorico; non ostante ciò l'elevazione di temperatura dei liquidi è sensibile, particolarmente in prossimità del conduttore, la quale è minore in prossimità del polo che dà maggiore sviluppo gassoso.

319. I fenomeni colorifici descritti si distinguono gli uni dagli altri; dappoichè bisogna una pila di un piccol numero di elementi, ma di estese superficie, per produrre l'incandescenza dei fili metallici; ed è necessaria una pila di molte coppie per ottenere l'elevazione di temperatura nei liquidi allorchè sono attraversati dalla corrente. In generale gli effetti calorifici dipendenti dal passaggio dell'elettricità per un conduttore, per essere sensibili, è necessario che la pila sia formata da un piccol numero di elementi e di estese superficie, allorchè questo conduttore sarà continuo ed omogeneo, e bisogna che la pila sia di molti elementi, allorchè questo conduttore sarà eterogeneo o discontinuo. La causa di questa differenza par che possa essere, che i fluidi elettrici resi liberi dall'azione chimica della pila, seguono due cammini per ricomporsi e for-

mare di bel nuovo il fluido naturale, uno ch'è prodotto dalla serie dei corpi conduttori che compongono la pila, e l'altro è il conduttore o i conduttori che chiudono il circolo voltaico. Se quest'ultimo offre maggior resistenza del primo, sia per le sue alternative, sia per la sua discontinuità o per la sua minore conducibilità, la maggior parte dell'elettricità sviluppate si ricomporranno seguendo il primo cammino.

Per meglio sviluppare ciò che si è detto bisogna distinguere in una corrente voltaica la sua intensità e la sua velocità; l'intensità dipende dall'estensione delle superficie e dal numero delle coppie; la velocità dipende dal solo numero delle coppie, che minoransi qualora questo numero si accresce, producendosi un'alternativa, o una discontinuità maggiore nel circolo. Perciò un conduttore quantunque perfetto, come un filo metallico per divenire incandescente ha bisogno di una corrente più rapida, acciò sia attraversato nella stessa direzione dalla maggior quantità di fluido possibile, che deve considerarsi come la sorgente del calorico sviluppato. Se la pila è di tal costruzione da non produrre un riscaldamento sensibile al filo, ciò dipende dacchè la velocità della corrente è minore di quella che sarebbe necessaria per apportare tale azione nel filo. Finalmente se il conduttore è discontinuo, o eterogeneo, la diminuzione di velocità che produce è tale che può essere sensibile dando luogo ad una corrente molto rallentata. Ciò spiega perchè una pila di molle coppie non è al caso di arroventire un filo metallico, quantunque fosse capace di produrre altri fenomeni calorifici.

320. Allorchè si fanno immergere nell'acqua comune le estremità di due fili metallici che con gli altri due estremi comunicano con i poli di una pila in attività, si osservano fenomeni che variano con la natura dei fili metallici. Se i fili sono di oro o di platino si vedono alcune bollicine di gas che si sviluppano dai due fili, i quali raccolti in tubi pieni di acqua capovolti sulle estremità dei fili (Fig. 140) si riconosce essere ossigeno quello che si separa dal polo positivo,

e idrogeno quello che dà il polo negativo, ed essere questi nel rapporto di un volume del primo e due del secondo; val quanto dire nella stessa proporzione necessaria per la formazione dell'acqua. Se poi i fili sono di rame o di altro metallo facilmente ossidabile si ha minor quantità libera di ossigeno, combinandosi il resto col metallo. Quest'azione è stata attribuita ad attrazioni e ripulsioni elettriche esercitate dai fluidi accumulati ai rispettivi poli, con le elettricità di cui sono investiti gli elementi dell'acqua, che si suppone che sieno permanentemente in stati elettrici differenti: cioè l'ossigeno nello stato negativo, e l'idrogeno allo stato positivo. Qualora ciò fosse si dovrebbe osservare decomposizione, ancorchè l'acqua adoperata fosse distillata e perfettamente pura, il che non avviene; perciò la spiegazione precedente non sussiste. Dippiù osservandosi che l'addizione di una piccola quantità di acido, che aumenta la conducibilità dell'acqua, fa che la sua decomposizione sia più rapida; perciò taluni, su questi fatti, credono che la decomposizione avviene dal movimento dell'elettricità attraverso il corpo a decomporre, o almeno, che questo movimento è una condizione interessante alla produzione del fenomeno. Ammettiamo questa ipotesi ed esaminiamo i fatti. Le azioni dei poli sopra una serie di molecole di acqua, formano una linea terminata da questi poli; il loro effetto sarà di far dirigere verso il polo positivo gli atomi di ossigeno che sono carichi di una quantità permanente di elettricità negativa, e verso il polo negativo gli atomi d'idrogeno sempre elettrizzati positivamente. Questi atomi che si rincontrano movendosi in senso opposto, formeranno perciò le molecole di acqua, e non si avrà che all'estremità della linea, o ai poli della pila, che gli atomi dei corpi appariranno liberi e allo stato di gas. In generale una combinazione chimica può esser decomposta in elementi da una pila di forze conveniente, sempre e quando si rende questa combinazione molto conduttrice dell'elettricità. Se si perviene ad allontanare tutte le sostanze atte a combinarsi con gli elementi che si han-

no dal composto; si può raccoglierli e separarli; ma più spesso essi entrano in nuove combinazioni con le diverse sostanze che incontrano.

321. Per terminare la descrizione degli apparecchi voltaici ci resta a parlare delle pile secche, nelle quali il liquido conduttore è sostituito da una sostanza secca quantunque igrometrica, o da un corpo grasso; queste pile sono rimarcabili per la durata della loro azione, e per la lentezza del movimento dell'elettricità nel loro interno. Ordinariamente le coppie sono composte da due foglie sottilissime di rame e zinco fra le quali si mette un disco di carta imbevuto di olio, o per più semplicità di una foglia di argento da una parte, e dall'altra aspersa di polvere di ossido di manganese. Si uniscono molte migliaia di queste coppie che si dispongono l'una sull'altra sempre nello stesso senso, e si circonda il tutto da un tubo di vetro coverto di resine per impedire maggiormente l'accesso all'umido. Sovente questa pila è divisa in due colonne stabilite sopra un piano metallico, che si elevano ugualmente.

Nella pila secca il movimento dell'elettricità essendo lentissimo, vi bisogna un certo tempo per caricare un condensatore; ma la tensione è più forte che nelle pile ordinarie di simili dimensioni. Si è creduto che questa pila avesse un'attività perenne, nel riflettere al gran numero degli elementi ed alla inalterazione di essi, non essendovi agente che distrugga il sistema, ovvero ossida i metalli impiegati; ma in seguito si è conosciuto che dopo qualche anno si rende inattiva. È vero per altro che qualora la sua azione s'indebolisce se li può ridonare una parte della sua energia primitiva esponendola ad un forte calore.

Su questo dato si pensò di sospendere orizzontalmente, sopra un perno posto nel mezzo delle due colonne di una pila secca, un ago di gomma lacca leggierissimo, in modo che possa girare liberamente, il quale porti ne' suoi estremi due piccoli dischi di foglie di oro (Fig. 141). Dando un movi-

mento a quest'ago, questo movimento continua per l'attrazione che esercita ciascuno polo della pila sul piccolo disco di foglia di oro posto all'estremità dell'ago la più vicina, cosicchè queste estremità caricate di elettricità contrarie, pel loro contatto con i poli della pila secca, sono attirate e respinte da questi poli; i contatti esercitandosi nuovamente, i piccoli dischi si caricano di elettricità contraria a quella che avevano prima dell'ultimo contatto, e ne succedono nuove attirazioni e repulsioni in senso inverso delle prime, in modo che l'ago continua il suo movimento di rotazione. Si è creduto da taluni aver rinvenuto in questo sistema il movimento perpetuo; ma non è così, poichè l'attività di questa pila cessa dopo un certo tempo come abbiamo detto; dippiù spesse volte l'ago si ferma quando l'aria circostante è molto umida, perchè la pila si scarica in parte nell'aria circostante, e la tensione residuale non è sufficiente a vincere la resistenza prodotta dall'attrito e da altre cause; qualora poi l'aria si spoglia di vapori il movimento ricomincia.

Elettricità sviluppata con altri mezzi diversi dallo strofinio e dal contatto.

322. Lo strofinio e il contatto non sono i soli mezzi per isviluppare l'elettricità; ma molte cause differenti possono produrre le correnti elettriche: le principali sono la fusione, la compressione, il cangiamento di temperatura; oltre quelle prodotte da l'azione magnetica, e da l'azione chimica, delle quali ci occuperemo in seguito.

Se si versa del solfo in un vase metallico isolato, dopo il raffreddamento il solfo si trova elettrizzato positivamente, e il vase di metallo elettrizzato negativamente. Il Signor Libes ci fece conoscere per la prima volta lo sviluppo dell'elettricità per mezzo della pressione; l'esperimento consiste a prendere un disco di metallo per un manico isolante e premerlo sopra un pezzo di taffettà gommata, il pezzo di taffettà ac-

quista l'elettricità positiva, e il disco di metallo l'elettricità negativa, e l'intensità elettrica di questi corpi è in corrispondenza dell'intensità della pressione, ed è in opposizione a ciò che si ha per mezzo dello strofinio; dappoichè se il metallo si strofina sul taffettà, il metallo si elettrizza positivamente, e il taffettà negativamente.

Il signor Hauy ha riconosciuto che molti minerali sono suscettibili di acquistare proprietà elettriche per la semplice pressione. Di fatti un romboide di spato d'Islanda allorchè è compresso tra due pezzi di legno diviene elettrico a segno da manifestarlo all'elettrometro. Questa sostanza è considerata da Hauy la più adatta a divenire elettrica per la pressione; e in generale i minerali che si elettrizzano più facilmente per la pressione, sono quelli dotati di una trasparenza, e capaci di dividersi in lamine sottili.

323. Certi minerali cristallizzati acquistano pel riscaldamento alcune proprietà elettriche, accumulandosi in uno dei loro punti l'elettricità positiva, e in altro punto opposto l'elettricità negativa; questi due punti diconsi poli elettrici del cristallo, e la retta che unisce questi due poli è detta asse elettrico del cristallo. Or quest'asse coincide quasi sempre coll'asse di cristallizzazione; il che ha fatto sospettare che la polarità elettrica influisca alla regolarità delle forme cristalline, e che la proprietà di elettrizzarsi dipenda da una polarità elettrica delle molecole. Lo stato elettrico del cristallo dura fino a che non si cambia lo stato di temperatura; l'aumento di temperatura non fa crescere l'intensità elettrica; ma aumentata di molto i poli si rovesciano; come pure l'abbassamento di temperatura produce uno stato elettrico opposto; talmentechè quel punto che per l'aumento di temperatura si carica di elettricità positiva, nell'abbassamento di temperatura diviene polo negativo. Questi fenomeni si osservano particolarmente in diverse specie di turmaline, nel mesotipo, nel topazio, nella frenite ecc.

324. Diversi corpi sviluppano quantità di elettricità quan-

do passano allo stato solido, o entrano in fusione. Allorchè l'acqua si congela rapidamente in una bottiglia di Leyde la cui armatura esterna non è isolata, quest' armatura si carica di elettricità negativa, e l'armatura interna di elettricità positiva. Nel didiacciamento succede l'opposto cioè l'armatura esterna si carica di elettricità positiva, e l'interna di elettricità negativa. Quando un liquido si evapora la parte vaporizzata si elettrizza negativamente, e la porzione che rimane liquida positivamente; l'opposto si osserva nel passaggio di un gas nello stato liquido, là parte condensata acquista elettricità negativa, e la porzione che persiste nella forma gassosa l'elettricità positiva.

La maggior parte delle esposte conoscenze sono dovute al celebre Bergmann; ma Becquerel le ha accresciute di alcune osservazioni sfuggite a Bergmann, tra le quali la più importante è la seguente. Se si riscalda per metà un cristallo di turmalina un poco lungo in modo che l'altra metà non risenta cambiamento di temperatura, si ravvisa solo nella parte riscaldata una carica elettrica, di natura e d'intensità corrispondente a quella che acquisterebbe se fosse tutto il cristallo riscaldato ugualmente; il che dimostra che l'aumento di temperatura produce lo sviluppo dell'elettricità che si limita nella parte riscaldata, e non è condotto nel resto del cristallo, essendo un corpo isolatore. Se il cristallo si rompe, i piccoli cristalli appartenenti alla parte riscaldata manifestano elettricità nei due poli.

CAPITOLO IV.

DEL MAGNETISMO.

825. Col nome di *magnetismo* intendiamo la teorica fisica della calamità. Diversi minerali di ferro in cui il metallo è poco ossidato posseggono, chi più chi meno, la proprietà di attirare il ferro. Quelli in cui questa proprietà è in grado

marcatissimo, vengono distinti col nome di *calamite o pietre magnetiche* (1).

Se si mette in contatto la calamita colla limatura di ferro, una quantità più o meno considerevole di limatura è attirata dalla calamita, e vi rimane aderente in tutta la sua superficie, e questa aderenza è più marcata in due punti in cui le particelle della limatura sembrano quasichè infilate, formando come tanti raggi, e questi punti sono detti poli della calamita.

326. La teorica fisica della calamita è stata per lungo tempo isolata da quella degli altri fluidi imponderabili, e perciò i suoi progressi sono stati poco sensibili. La proprietà della calamita di dirigere uno de' suoi punti verso la tramontana, e il punto opposto verso il mezzogiorno, fu riconosciuta per azzardo dagli antichi, e propriamente dai popoli barbari. I primi usi che ne fecero i curiosi fu d'imporne alle persone idiote ed ignoranti esponendola come cosa magica; e quantunque il nostro amalfitano Flavio Gioja l'applicò all'uso nautico, applicazione veramente utile ai marini, pure considerata come fenomeno fisico è rimasto per lungo tempo sterile di risultati; avendo i fisici diretti tutti i tentativi a riconoscere la causa di questa tendenza che si è creduta dipendere unicamente dalla costituzione intima del globo terrestre, circostanza che gettando una oscurità quasi impenetrabile su i fenomeni magnetici, ha reso senza effetto qualunque ricerca. Le scoverte di OErsted dell'influenza energica che ha l'elettricità in movimento su i corpi calamitati, ha dimostrata la sola strada a seguire per rimontare all'origine del magnetismo, e dell'azione direttrice del globo. Noi esporremo prima ciò che si conosceva avanti di questa scoverta, affinchè si possano compren-

(1) Da *magnes-tis* che significa calamita. Altri fanno derivare questa denominazione da Heraclion Magnes che ne fu lo scopritore, secondo Plinio lib. 36 Cap. 16; e altri finalmente la derivano da Magnesia città nell'Asia e propriamente nella Lidia, ove vuolsi che per la prima volta siasi rinvenuta.

dere più facilmente i vantaggi e i nuovi mezzi di esplorazione che ha somministrato allo studio dell'elettricità.

327. Tra i corpi non vi sono che tre metalli i quali manifestano la proprietà di essere attirati dalla calamita, perchè, oltre al ferro che si sapeva anticamente, si è conosciuto in seguito che il nickel e il cobalto godono la stessa proprietà; e secondo il sig. Pouillet, il manganese alla temperatura di 20° al di sopra di zero prova la medesima attrazione; tutte le altre sostanze non sembrano sensibili al magnetismo. L'acciaio non solo ha la proprietà di essere attirato dalla calamita, ma dopo un certo tempo che è rimasto in contatto colla calamita acquista la proprietà magnetica, e la conserva per lungo tempo; perciò le calamite artificiali si fanno di spranghe di acciaio in vario modo conformate che si assoggettano per qualche tempo al contatto dei poli di una calamita.

Se ai poli di una calamita si affiancano due spranghe di acciaio temperate, in queste spranghe si trasmette tutta l'azione magnetica, e la calamita chiamasi calamita armata, ed essa acquista maggiore energia. Se due di queste calamite si fanno combaciare per i loro poli, se questi sono dello stesso nome si repelleranno e si attrarranno se sono di nomi differenti.

Si può magnetizzare una spranga di ferro o di acciaio mettendo in contatto; o strisciando ripetute volte e nello stesso senso, uno dei poli della calamita sopra una delle estremità della spranga e l'altro polo sull'altra estremità; acquistando queste estremità le proprietà inverse dei poli da cui sono state strisciate, o con cui sono state in contatto: così l'estremità della spranga strisciata, ovvero rimasta in contatto col polo tramontana acquista le proprietà del polo mezzogiorno, e l'altra estremità su cui si è strisciato, o è stato in contatto col polo mezzogiorno riceve le proprietà del polo tramontana.

328. La scoverta del nostro amalfitano Gioja, ha somministrato ai marini uno strumento per essi preziosissimo qual'è la bussola o rosa dei venti. La bussola non consiste in altro

che in una spranga leggiera di acciaio calamitata sospesa nel suo mezzo sur una punta acuminata di ottone, in modo che vi possa girare liberamente. Su questa spranga s'incolla un leggiero cerchio di cartone su cui sono delineati i trentadue rombi, e il tutto si chiude ordinariamente in un mortaretto di legno o di metallo che poggia su bilanciari, affinchè in qualunque movimento la rosa dei venti serbi sempre la posizione orizzontale.

La spranga di ferro denominata da'marini ago calamitato, non si dirige costantemente verso tramontana e verso mezzogiorno, ma devia da questa direzione accostandosi o verso levante o verso ponente. Questa deviazione che chiamasi declinazione dell'ago, e da'marini variazione della bussola, è diversa non solo per i diversi luoghi, ma varia in diversi tempi per lo stesso luogo, nè ha leggi costanti in questo.

Oltre alla variazione, l'ago stabilito in posizione orizzontale va soggetto nei diversi siti ad inclinarsi più o meno all'orizzonte, che si chiama inclinazione dell'ago; questa può essere di tanto da mettere l'ago in sito verticale; di fatti nell'America settentrionale tra la latitudine di 73° a 76° vi sono luoghi in cui l'ago, acquistando questa posizione, si rende inatto a marcare la direzione del meridiano.

329. Due aghi calamitati sospesi nel modo che si è detto, e posti in due luoghi poco distanti sembrano paralleli; ma avvicinati fino a che le estremità che sono dirette agli stessi punti dell'orizzonte, possano influire scambievolmente, si riconosce che esse si respingono; e se le estremità prossime sono dirette a punti opposti dell'orizzonte si vede tra esse una attrazione ugualmente come si osserva nelle calamite. Pure l'azione attrattiva de'poli opposti, e la repulsiva di quelli dello stesso nome, si osserva con maggior evidenza nel seguente sperimento. Si prendono due pezzi di pietre magnetiche che si avvolgono nella limatura di ferro, per fare che questa venghi attirata particolarmente nei poli; si vedrà, come s'è detto, che in questi punti i pezzettini di limatura sembrano come

infilati attaccandosi l'uno all'altro, e disposti come tanti raggi che partono dai rispettivi poli delle calamite. Or se si avvicinano queste due calamite per i loro poli, se questi sono dello stesso nome, si osserva che i fili di limatura di ferro si piegano indietro per non venire in contatto; e se i poli sono di nome contrario si vede che gli stessi fili si attraggono, e avvicinati si confondono.

Presa una calamita naturale di molta energia, o meglio una spranga di acciaio calamitata di molta forza, la quale si dispone nella posizione che prenderebbe un ago calamitato se venisse sospeso liberamente; se una punta acuminata s'innalza verticalmente nel mezzo di questa spranga, su cui si sospende un piccolo ago calamitato, questo si fissa in una posizione di equilibrio parallela all'asse della spranga, ovvero alla linea che unisce i poli della calamita; perchè in virtù delle attrazioni e ripulsioni indicate di sopra quest'ago è animato da forze dirette nel piano verticale che passa per l'asse della spranga, e conseguentemente deve restare in questo piano. Or siccome le attrazioni han luogo tra poli opposti, perciò l'estremità dell'ago calamitato che si dirigerebbe verso la tramontana senza l'influenza della spranga calamitata, si mette nella direzione del polo mezzogiorno di questa spranga, perchè viene da questo attirato, come pure il polo mezzogiorno dell'ago nella direzione del polo tramontana della spranga; e se mai si forza l'ago a mettersi in senso opposto subitochè si abbandona a sè stesso riprende la posizione inversa mettendosi in modo da corrispondere con i poli opposti della spranga.

Allo stesso modo possiamo spiegare l'azione direttrice del globo terrestre, considerandolo come una calamita, e che in due punti opposti, ad una certa profondità, vi fossero i poli magnetici i quali agiscono sull'ago calamitato. Ammettendo quest'analogia come una identità, bisogna riguardare la parte dell'ago calamitato, che si dirige verso la tramontana, come quella che possiede le proprietà della stessa natu-

ra del polo magnetico del globo situato nell' emisfero australe, e inversamente la parte dell'ago che tende verso il mezzogiorno devesi considerare come se possedesse le stesse proprietà del polo magnetico situato nell' emisfero boreale; dal che si conviene che bisogna chiamare polo australe dell'ago calamitato quella sua estremità che si dirige verso la tramontana, e polo boreale l' altra estremità che si dirige verso il mezzogiorno.

330. Diverse azioni magnetiche hanno luogo in circostanze analoghe a quelle che sviluppano elettricità. Per esempio i fenomeni elettrici si manifestano nei conduttori isolati sottomessi all'influenza dei corpi elettrizzati, come se si comunicasse direttamente l'elettricità a questi conduttori; similmente vari pezzi di ferro dolce, situati a certa distanza da una calamita naturale o artificiale, manifestano fenomeni magnetici, come se fossero calamite. I segni di elettrizzazione per influenza dispaiono allorchè si allontana il corpo elettrizzato; parimente le proprietà magnetiche del ferro dolce dispaiono quando si allontana la calamita che li ha prodotti.

Se si sospendono due fili di ferro dolce paralleli tra loro per mezzo di due fili di seta, (Fig. 142) e si avvicina al di sotto di essi uno dei poli di una energica spranga magnetizzata, questi due piccoli pendoli si allontanano l'uno dall'altro, e si avvicinano allorchè si discosta la spranga. Quest'azione è dovuta all'influenza della calamita che dà momentaneamente la virtù magnetica ai due fili di ferro, in modo che i loro poli simili essendo vicini si repellono, ma cessando l'influenza magnetica i pendoli riprendono la posizione verticale. Questo fenomeno ha molta analogia, almeno in apparenza, con la ripulsione di due corpi elettrizzati della stessa maniera. Parimente se una spranga calamitata ha tanta forza da tener sospesa una massa di ferro dolce, per l'attrazione che uno dei poli esercita sul polo di nome contrario, che la sua influenza ha determinato in questa massa, se si avvicina parallelamente, ma in una posizione inversa una seconda barra della stes-

sa forza della prima, la massa di ferro dolce si distacca. Questo avviene perchè aggiungendo all'influenza della prima spranga l'influenza contraria della seconda, si annulla la magnetizzazione nella massa di ferro dolce riprendendo il suo stato naturale, e si mette in preda alla forza di gravità. Lo stesso avviene tra due corpi uguali ed ugualmente carichi di elettricità contraria: essi non determinano verun fenomeno elettrico in un conduttore isolato posto simmetricamente per rapporto ad essi; ovvero che uno dei due corpi nell'approssimarsi distrugge i segni di elettricità che l'altro aveva prodotto.

Un pezzo di ferro dolce sospeso ad una delle estremità di una spranga calamitata diviene una calamita capace di tener sospeso all'altra estremità un secondo pezzo di ferro dolce; quest'ultimo così calamitato per influenza può sostenerne un terzo, e così di seguito; ma l'azione s'indebolisce progressivamente, talmentechè il pezzo superiore non può sostenerne che un altro d'inferiore peso. Se la spranga calamitata si allontana dal primo pezzo di ferro tutte le aderenze magnetiche cessano nell'istesso tempo. Lo stesso succede in una serie di conduttori isolati disposti in una medesima linea e terminati da un corpo elettrizzato; tutti questi conduttori si elettrizzano per influenza, ma la quantità di fluido naturale decomposta, o per meglio dire i segni di elettricità sono minori nei conduttori i più discosti dal corpo elettrizzato, e qualora questo si allontana tutt'i conduttori rientrano nello stato naturale.

331. Allorchè i pezzi sospesi alla spranga calamitata sono di acciaio temperato essi conservano le proprietà magnetiche dopo la separazione, e possono agire come vere calamite. Si può misurare l'energia di una spranga presentando all'attrazione di uno de'suoi poli un pezzo di ferro dolce a cui è attaccato un piatto di bilancia, nel quale si aggiungono pesi progressivamente fino a che l'attrazione magnetica resta vinta; il peso totale che determina la separazione

misura la forza della spranga magnetizzata. A questo modo si riconosce, che nelle calamite che hanno servito a comunicare la virtù magnetica a' pezzi di acciaio la loro forza attrattiva non viene per questa indebolita, anzi la loro azione è divenuta più energica. Or in questo il magnetismo differisce dall'elettricismo dappoichè un corpo elettrizzato trasmettendo in un corpo conduttore le sue proprietà elettriche ne resta indebolito.

Se nell'esperimento di sopra accennato per misurare l'energia dell'attrazione magnetica, si sostituisce al ferro dolce a cui è sospesa la coppa di una bilancia, un pezzo di acciaio di ugual volume si osserva che per vincere l'attrazione della stessa calamita vi bisogna minore peso; il che prova che il magnetismo non si sviluppa colla stessa facilità nell'acciaio come nel ferro dolce; e c'induce a credere che laddove l'acciaio conserva più a lungo la virtù magnetica, l'acquista per altro con più difficoltà. Questa resistenza allo sviluppamento delle proprietà magnetiche è stata detta *forza coercitiva*, che si oppone ugualmente alla loro disparizione allorchè si sono manifestate. Una tale resistenza è analoga a quella che limita la decomposizione, e rallenta la ricomposizione dell'elettricità naturale in un corpo mediocremente conduttore come il legno.

332. Questi fenomeni diversi hanno fatto immaginare una ipotesi analoga a quella adottata per ispiegare i fenomeni elettrici, supponendo che i corpi capaci di manifestare i fenomeni magnetici contengono due fluidi, distinti coi nomi di fluido boreale e di fluido australe, dal nome dei poli ove la loro azione diviene predominante; questi fluidi sono dotati di attrazione scambievole, e le molecole fluide della stessa natura si respingono; quando questi fluidi sono separati si manifestano i fenomeni magnetici; ma acciò la spiega di tutt'i fenomeni possa essere compiuta, bisogna ammettere che questi fluidi non possono essere trasportati nè da un corpo in un'altro nè da un punto in un altro dello stesso corpo, riguardando, ciascuna particella di un corpo suscettibile di magnetizzarsi

come incapace di essere abbandonata dai fluidi magnetici che contiene; i quali sono combinati o distribuiti ugualmente allorchè il corpo è nello stato naturale, e che si separono per occupare le parti opposte di queste particelle allorchè il corpo è sottoposto all'influenza di una calamita. E siccome abbiamo detto che l'acciaio acquista le proprietà magnetiche con più difficoltà del ferro dolce, e conserva queste proprietà acquistate, perciò bisogna ammettere una forza coercitiva che impedisce in parte il passaggio di questi fluidi nell'interno delle particelle, e che opponendosi al loro movimento, si oppone non solo alla loro separazione, ma alla loro ricomposizione.

333. Tostochè si rompe in più pezzi una calamita, o una spranga calamitata la quale non presenta che due poli ai suoi estremi, in ciascun pezzo si osservano i due poli contrarii. Questo fatto fondamentale ci obbliga ad ammettere che i due fluidi magnetici non si trasportano che a distanze insensibili dal luogo ove la loro separazione si opera; e siccome queste piccole calamite che ne risultano hanno una forza magnetica proporzionatamente alla loro massa minore di quella della calamita di cui facevano parte; così è da credersi che nella calamita la forza magnetica va progressivamente crescendo nelle sue molecole a proporzione che queste si trovano più discoste dal punto ove avviene la separazione del fluido naturale.

334. La denominazione di poli e di fluidi magnetici è stabilita sull'analogia che vi è tra l'azione direttrice del globo e quella di una calamita, ed è necessario provare che tutte le deduzioni tirate da quest'analogia sono confermate dall'esperienza. La prima conseguenza che si presenta si è che la distribuzione del magnetismo in una spranga calamitata, in cui le leggi sono dedotte dall'ipotesi dei due fluidi può essere applicata allo stato magnetico del globo. Così le azioni concordanti di uno degli emisferi boreale o australe su di una particella magnetica possono essere rappresentate da una forza

unica emanata da un centro di azione o polo, situato ad una profondità tale che si possa riguardare la direzione e l'intensità di questa risultante come costante, relativamente a differenti punti della superficie della terra poco lontani tra loro. D'altra parte le azioni concordanti di uno dei poli magnetici del globo sur una delle metà di una spranga calamitata, in tutte le direzioni devono essere riguardate come parallele, e possono essere rappresentate da una forza unica applicata secondo questa direzione comune ai poli corrispondenti della spranga. Questo è confermato dall'esperienza: poichè se si sospende nel nel suo centro di gravità un ago calamitato per mezzo di un filo flessibile il filo resta nella posizione verticale; e ciò fa conoscere che l'ago non è sollecitato in virtù dell'azione magnetica del globo, da alcuna componente orizzontale. Inoltre se si sospende una leva orizzontalmente per mezzo di un filo e sur una delle estremità della leva si situa un ago calamitato nella direzione che acquisterebbe per l'influenza magnetica terrestre se fosse liberamente sospeso, e sull'altra estremità della leva si adatti un contrappeso uguale esattamente al peso dell'ago prima di esser calamitato, si osserverà che la leva resta in equilibrio; adunque l'azione del globo sull'ago calamitato non ha alcuna componente verticale. Queste esperienze verificano i risultati teoretici; vale a dire che l'influenza magnetica del globo sull'ago calamitato si riduce ad un'azione direttrice o ad una comulazione di due forze uguali parallele e opposte che agiscono su i poli della calamita.

Per riconoscere le direzioni che il globo tende a far prendere all'ago calamitato in un luogo dato della superficie della terra, si opera nel seguente modo: si sospende orizzontalmente un ago di acciaio non calamitato mediante un filo di seta non torto; si calamita in seguito quest'ago, il quale essendo sospeso nel modo anzidetto si arresterà nella posizione determinata dall'azione magnetica. Si osserverà che l'ago devia dalla posizione orizzontale, formando un angolo coll'oriz-

zonte: quest'angolo si chiama *l'inclinazione dell'ago calamitato.*

335. L'azione del globo terrestre, potendo essere rappresentata da quella di due poli magnetici, deve esercitare sopra una spranga di ferro o di acciaio la stessa influenza che vi esercita una calamita; questa influenza dev'essere particolarmente sensibile qualora si dà alla spranga la stessa direzione delle azioni magnetiche del globo, vale a dire la posizione che prende un ago calamitato allorchè è sospeso per mezzo di un filo, o su di un perno acuminato nel suo centro di gravità. Di fatti se si dispone in questa direzione una spranga di ferro, essa diviene magnetica; il che è provato da un piccolo ago calamitato che si avvicina alle estremità di questa spranga; il quale è sussecutivamente attirato e respinto, indicando ciò l'esistenza di due poli magnetici contrarii; cioè il polo tramontana dell'ago è attirato dall'estremità superiore della spranga, ed è respinto dall'altra, avvenendo il contrario pel polo mezzogiorno. Ciò che prova che questa proprietà non è permanente nella spranga si è, che succede lo stesso se la spranga si capovolge contraccambiando il posto delle sue estremità.

Una spranga di ferro offre sempre due poli ai suoi estremi in tutte le posizioni; purchè non sia perpendicolare al meridiano magnetico; questa magnetizzazione è anche dovuta alle azioni de' poli magnetici della terra, i quali danno sempre componenti efficaci dirette secondo l'asse della spranga. Questa magnetizzazione per l'influenza del globo, dà spiegazione della formazione delle calamite naturali; e di tutt'i segni di magnetismo che sembrano sviluppati spontaneamente negli oggetti di ferro e di acciaio. Si è osservato che un urto violento impresso ad una spranga di ferro favorisce la magnetizzazione mediante l'influenza del globo, ed è al caso di aumentare l'energie del magnetismo sviluppato. I forti colpi di martello, come pure le poderose torsioni danno al ferro puro una certa forza coercitiva da farli conservare la proprietà magnetica per un certo tempo. Il passaggio del fer-

ro per la filiera ne opera la sua magnetizzazione, purchè non si trovi in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico; se dopo si ricuoce rientra nello stato naturale, perdendo ogni proprietà magnetica. In generale qualunque pezzo di ferro magnetizzato con uno dei mezzi poc'anzi descritti perde ogni proprietà magnetica allorchè si assoggetta ad un'elevata temperatura. Gli ordigni di ferro usati nelle arti e nell'economia domestica, come tenaglie, mollette, forbici ecc. sono vere calamite. In questi oggetti, o in qualunque pezzo di ferro magnetizzato co'mezzi precedenti, se si vogliono riconoscere i poli magnetici non bisogna fare uso di ago calamitato di molta forza, perchè questo potrebbe sviluppare negli stessi oggetti proprietà magnetiche che prima non vi erano; ma per accorgersene bisogna adoperare strumenti di una estrema delicatezza.

Il passaggio istantaneo dell'elettricità a traverso del ferro lo magnetizza; e da gran tempo che ciò fu annunciato dal Signor Fischer, facendoci conoscere che le spranghe di ferro nei parafulmini dopo un certo tempo si magnetizzano e magnetizzate conducono male l'elettricità. Nel capitolo seguente esaminando più minutamente l'influenza elettrica sul magnetismo, avremo occasione di riconoscere la magnetizzazione prodotta dalle correnti elettriche che scorrono in prossimità dei corpi suscettibili a ricevere le proprietà magnetiche; ciò che offre la dimostrazione de' varii fenomeni da gran tempo conosciuti senza potersene dare spiega soddisfacente. Spesse volte è avvenuto che la caduta di un fulmine sur un naviglio ha deviata la direzione dell'ago calamitato della bussola, fino a fargli rovesciare i suoi poli; talmentechè posta in diversi siti del naviglio in ciascun cambiamento di sito, il suo ago calamitato si è diretto in differenti punti dell'orizzonte; e ciò è stato attribuito da diversi fisici alla polarità magnetica sviluppata nei diversi ferri del bastimento, prodotta dalla scarica elettrica, la quale influisce diversamente sulla polarità dell'ago calamitato. Sono alcuni anni che uno dei nostri ba-

stimenti passando in molta vicinanza all'isola di Stromboli si accorse che le sue bussole non si prestavano al loro uficio e riuscì ben difficile ridonare la polarità magnetica ai loro aghi.

336. L'acciaio temperato, è più utilmente impiegato dell'acciaio non temperato e del ferro per formare le calamite artificiali; ma il carbone in esso dev'essere in una quantità limitata, per farli acquistare una forza coercitiva da poter conservare la proprietà magnetica; una quantità maggiore accrescerebbe la sua forza coercitiva di tanto da opporsi alla sua magnetizzazione. Il solfo, il fosforo, e l'arsenico in piccole quantità danno gli stessi risultati del carbone. La forza coercitiva dell'acciaio temperato cresce col grado di tempera, e una tempera soverchiamente forte resiste a qualunque processo di magnetizzazione; per altro quella che meglio conviene è quella del rosso oscuro. La forza coercitiva dispare totalmente subitochè si distrugge la tempera, e ciò si ottiene riscaldandolo al rosso oscuro e facendolo raffreddare lentamente.

337. I mezzi che ordinariamente si adoprano per magnetizzare a saturazione gli aghi e le spranghe di acciaio variano con le loro dimensioni, e in corrispondenza alla forza della calamita che si adopera. Questi processi sono stati suggeriti dall'esperienza; nè si è potuto dar ragione di tutte le circostanze riconosciute favorevoli allo sviluppo del magnetismo. Allorchè si vuole magnetizzare un ago leggiero, o una piccola spranga di acciaio, ciò facilmente si otterrà facendo strisciare la spranga nel senso della sua lunghezza coll'estremità di una poderosa calamita, dopo che ha subito molte frizioni sulle due facce opposte, fatte nello stesso senso, la spranga è magnetizzata. Per le spranghe di una certa grandezza, se ne situano al di sopra due altre poderose magnetizzate, di maniera che i loro poli contrari occupino il mezzo della spranga che si vuole calamitare: indi si fanno strisciare in direzioni opposte andando verso le estremità del-

la spranga sottoposta, in modo che ciascuna spranga calamitata strofini sulla metà della spranga sottoposta; ripetendo più volte lo strofinio nel modo descritto sulle due facce opposte della spranga la magnetizzazione è effettuata. L'operazione è abbreviata, e lo sviluppo del magnetismo facilitato se la spranga o l'ago che si vuole magnetizzare poggia su i poli contrari di due calamite fisse; le quali esercitano una magnetizzazione per influenza.

Si possono avere le calamite artificiali di molta forza, riunendo lamine di acciaio, o spranghe sottili calamitate a saturazione; cioè si addossano le une sulle altre stringendo i loro estremi tra due pezzi di ferro dolce, come nella (Fig. 143). È utile che le estremità delle lamine parziali non sieno nello stesso piano, dovendo sporgere più in fuori la lamina di mezzo, e facendo rientrare gradatamente le lamine laterali.

338. Le calamite naturali producono effetti limitatissimi qualora non sono armate; il modo come armarle è il seguente: si determina la posizione dei poli della calamita naturale, per mezzo della limatura di ferro che vi aderisce allorchè vi si mette in contatto, e si accumula particolarmente nei poli come abbiamo detto, ed è facile distinguerli dall'effetto che producono sull'ago calamitato. Stabilito questo si tagliano nella calamita due facce piane perpendicolari alla linea menata tra i due poli; si applicano su queste facce due lamine sottili di ferro dolce terminate ciascuna da un quadrello dello stesso metallo, le quali vi si mantengono aderenti per mezzo d'alcune strisce di ottone, come vien rappresentato dalla (Fig. 144). I quadrelli delle armature divengono i poli magnetici per influenza di quelli della calamita, la posizione di questi nuovi poli è comodissima per tenervi sospeso un masso di ferro che viene attirato. Le armature e il masso di ferro, che sostengono, reagiscono pel magnetismo sviluppato su quello della calamita, acquistando in tal modo maggior forza, rendendosi atta perciò dopo un certo tempo a

sostenere un peso maggiore; qualora le calamite non armate, o in cui le armature non sono caricate di un peso sufficiente perdono il loro magnetismo col tempo.

Le calamite artificiali o le spranghe calamitate bisogna che sieno tenute in modo che i loro poli opposti sieno in comunicazione per conservare la loro energia. Si dà alla calamita artificiale la forma di un ferro di cavallo (Fig. 145); perchè conformata così conserva meglio il magnetismo, che una spranga prismatica della stessa forza; e ciò può dipendere dal ravvicinamento dei due poli esercitando un'azione conservatrice l'uno sull'altro; oltre a che questa forma è più comoda per sospendervi le spranghe di ferro e i pesi.

339. La perdita del magnetismo in una calamita indipendentemente da ogni armatura proviene da diverse cause. 1.° Dall'azione per influenza del globo terrestre che può operare la ricomposizione di una parte dei fluidi quando la calamita si trova casualmente e per lungo tempo in una posizione più o meno contraria a quella che prenderebbe se fosse sospesa liberamente. 2.° Qualora più calamite stando in vicinanza le une alle altre senza ordine possono influire scambievolmente a distruggere una porzione del loro magnetismo, e questi effetti possono esser favoriti dagli urti violenti non difficili ad accadere; ma la cagione più potente della dispersione del magnetismo in una calamita artificiale si è il cambiamento di temperatura a cui si assoggetta. Avendo detto precedentemente che se una spranga calamitata si riscaldi al rosso e poi si facci raffreddare tenendola in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico perde tutta la sua forza, perciò qualunque sia il cambiamento di temperatura che prova, nel ritornare alla sua temperatura primitiva, non conserva la stessa energia.

Nel comunicare ad una spranga di acciaio la più forte magnetizzazione che può conservare, avviene alcune volte, che oltre dei due poli ai suoi estremi, si manifestano altri centri di azione in altri punti della spranga, i quali sono da evitar-

sì particolarmente nella magnetizzazione degli aghi della bussola, al che si perviene impiegando acciaio omogeneo, e dandole una tempera moderatissima.

340. L'ago calamitato sospeso liberamente sur una punta acuminata, o sospeso per mezzo di un filo somministra un mezzo preciso per paragonare tra loro le intensità delle azioni magnetiche delle calamite, semprechè le circostanze influenti della distanza, della posizione, del tempo, e della temperatura vengono a variare. Questa comparatione è fondata sulla deviazione maggiore o minore che l'ago calamitato soffre, allorchè una influenza estranea a quella del globo, lo fa scostare dalla direzione che quella del globo le fa prendere; o sul numero più o meno grande di oscillazioni che fa in un tempo dato, quando si discosta dalla sua posizione di equilibrio. Ma prima d'indicare tutt'i vantaggi che si possono ricavare da queste ricerche, è necessario studiare le leggi dell'azione direttrice del globo sull'ago calamitato.

Si è detto di sopra che l'azione del globo sull'ago calamitato si riduce a due forze uguali parallele e opposte applicate ai due poli della calamita. Or sia un ago calamitato sospeso nel suo centro di gravità sur una punta acuminata, mobile in un piano che non è perpendicolare alla direzione comune di queste forze; supponiamo ciascuna di queste forze decomposte in due altre, una parallela all'asse di rotazione, l'altra parallela al piano che l'ago può descrivere, e tutte situate nel meridiano magnetico; la prima componente sarà distrutta pel modo di sospensione, la seconda sarà quella che farà girare l'ago e lo condurrà nel meridiano magnetico, se mai n'è discosto. Nel movimento dell'ago le due componenti efficaci uguali parallele e opposte applicate ai due poli agiranno continuamente su questi punti in una direzione costante, e sempre colla stessa intensità. Dal che risulta che ciascuna metà dell'ago si muoverà come un pendolo semplice che ha per lunghezza la distanza del polo corrispondente al l'asse di sospensione, e che le leggi di questo movimento sa-

ranno identicamente le stesse di quelle del pendolo. Or la forza direttrice non è altra che quella che tende a ricondurre nella posizione di equilibrio ciascuna metà dell'ago, allorchè essa n'è discostata da una forza qualunque; ovvero quella forza che bisogna per fare deviare l'ago dalla sua posizione di equilibrio. Il Sig. Coulomb per mezzo della sua bilancia di torsione ha sperimentato che la forza direttrice di un ago calamitato è proporzionale al seno dell'angolo che lo separa dal meridiano magnetico. Per verificarlo sospese orizzontalmente al filo di argento della bilancia una lastricina di rame su cui poggiò un ago calamitato per tenerlo in posizione orizzontale; saldò verticalmente al di sotto della lastricina di rame altra laminetta anche di rame, che fece immergere in un vase di acqua sottoposto, per allentare le oscillazioni dell'ago e condurlo più presto nella sua posizione di equilibrio. Dispose l'apparecchio in modo che l'ago calamitato fosse diretto verso il zero della divisione, senza però far subire al filo di argento alcuna torsione. Disposto il tutto in questo modo diede al filo metallico diverse torsioni fino a che l'ago calamitato fosse condotto successivamente ad 1.° 2.° 3.° 4.° dalla sua posizione primitiva; rinvenne che gli angoli di torsione necessari per mantenere l'ago in queste differenti posizioni sono proporzionali al suo deviamento. Or siccome le forze di torsioni corrispondenti seguono la stessa legge, bisogna conchiudere che le intensità della forza direttrice orizzontale decomposta perpendicolarmente alla lunghezza dell'ago calamitato, e le componenti che fanno direttamente equilibrio alle forze di torsioni osservate, sono realmente proporzionali all'angolo che l'ago calamitato fa col meridiano magnetico. Se poi l'allontanamento oltrepassa di molto 4.° o 5.°, si riconosce che la forza di torsione che lo determina cresce in realtà come il seno di quest'angolo.

La forza direttrice deve agire con un'intensità variabile nei diversi aghi calamitati di differenti dimensioni, dipenden-

ti queste intensità in ciascun ago dalla distanza dei poli dall'asse di sospensione, e dall'intensità della carica magnetica. La bilancia di torsione dà un mezzo facile di paragonare le forze direttrici di più aghi, o ciò che Coulomb chiama i *momenti magnetici*; basta sospendere ciascun ago al filo metallico poggiandolo sulla laminetta di rame, come s'è detto precedentemente e di torcere il filo metallico di tanto in ciascun esperimento da far deviare l'ago di una quantità sempre costante; è chiaro che gli angoli di torsione che producono costantemente lo stesso deviamento nei diversi aghi devono essere proporzionali ai loro momenti magnetici.

La forza magnetica degli aghi può essere valutata dalla durata delle oscillazioni che essi fanno a dritta e a sinistra dalla loro posizione di equilibrio assoggettati alla sola influenza del globo. Se la loro lunghezza è la stessa, l'energia del loro magnetismo avrà per misura il quadrato del numero delle oscillazioni fatte in un tempo dato, ovvero il rapporto inverso dei quadrati dei tempi impiegati a fare uno stesso numero di oscillazioni. La comparazione dei tempi in cui gli aghi calamitati impiegano per eseguire uno stesso numero di oscillazioni, è stato utilizzato da Coulomb per studiare l'influenza della lunghezza degli aghi sul loro potere magnetico; avendo osservato che diverse lamine costruite da uno stesso pezzo di acciaio della stessa larghezza, e di lunghezze diverse ugualmente temperate, e calamitate a saturazione, impiegano tempi proporzionali alle loro lunghezze, per eseguire venti oscillazioni, e questi tempi aumentano debolmente colla larghezza essendo le lunghezze uguali. Il diverso strofinio che soffre l'ago calamitato sulla sua punta acuminata su cui è sospeso può servire a misurare la deviazione che può soffrire prima di rimettersi nel meridiano magnetico. Coulomb si è servito di ciò per determinare le condizioni sotto le quali gli aghi calamitati sono più sensibili; e queste condizioni sono le seguenti: 1.° che le parti strofinate sieno della massima durezza, 2.° che gli aghi sieno leggieri, stretti, spianati, e con-

formati a guisa di una doppia freccia, 3.° che le loro lunghezze non sieno troppo piccole.

CAPITOLO V.

FENOMENI ELETTRO-MAGNETICI, E TERMOELETTRICI.

341. Il Fisico Danese OErstedt nel 1819 scovrì l'influenza che ha una corrente voltaica sull'ago calamitato e si occupò delle leggi di questa influenza. Queste leggi si possono riconoscere mettendo in opera l'apparecchio seguente; esso consiste in un filo metallico di bastante lunghezza e di un mediocre diametro acciò venendo attraversato dalla corrente elettrica non potesse cadere in fusione; questo filo serve a mettere in comunicazione i poli di una pila in attività, disponendolo in modo che buona porzione della sua lunghezza sia in linea retta. A questa parte rettilinea del filo per cui passa la corrente voltaica si avvicina l'ago calamitato. Per indicare con chiarezza le deviazioni prodotte sull'ago è necessario immaginare un osservatore coricato sul filo conduttore e rivolto verso l'ago, in modo che la corrente elettrica positiva sia diretta dai suoi piedi alla testa; la dritta e la sinistra dell'osservatore si dicono la dritta e la sinistra della corrente voltaica.

Se si presenta la corrente rettilinea voltaica orizzontalmente e nella direzione del meridiano magnetico al di sopra dell' ago calamitato sospeso sur una punta acuminata, esso è deviato e il suo polo australe cammina verso la sinistra della corrente; se poi si situa il filo conduttore al di sotto dello stesso ago questo è deviato in senso contrario, scostandosi il polo australe sempre verso la sinistra, e queste deviazioni aumentano a misura che il conduttore si avvicina più all'ago; e a distanze uguali, secondochè la pila è più forte o la corrente è più energica; finalmente in una corrente molto energica l'ago si dispone presso a poco perpendicolarmente al

conduttore. Se poi si presenta il filo metallico all'ago nel piano orizzontale che lo contiene si osserva che uno de' suoi poli si abbassa e l'altro s'innalza, sempre in modo che il polo australe tende verso la sinistra della corrente, ma il modo di sospensione si oppone acciò questo movimento sia molto pronunziato.

Quando si fa uso di un ago calamitato mobile intorno ad un asse diretto nel senso dell'inclinazione magnetica, quest'ago si situa sempre in direzione perpendicolare alla corrente rettilinea presentata in una direzione qualunque parallela al piano di movimento. Si può ancora render nulla l'azione della terra sur un piccolo ago calamitato; situando ad una certa distanza una grossa calamita orizzontalmente nella direzione del meridiano magnetico, e se si presenta una corrente orizzontale al di sopra o al di sotto di quest'ago astatico, l'ago si disporrà ancora perpendicolarmente al conduttore.

Tutte queste sperienze indicano che l'azione di una corrente può considerarsi come ridotta a due forze applicate ai due poli della calamita d'intensità variabili con la distanza, e di direzioni opposte perpendicolari ai piani menati pel conduttore rettilineo e per ciascun polo. Per la qual cosa se la calamita è molto piccola relativamente alla distanza che ha dalla corrente, queste forze si accoppieranno per far tendere l'ago a prendere una posizione fissa perpendicolare al piano menato pel suo centro e pel conduttore. In tutti i casi le forze tendono a metter l'ago in un piano perpendicolare alla corrente in modo che il polo australe sia alla sua sinistra.

Nel circolo voltaico, la pila agisce sull'ago calamitato allo stesso modo che il conduttore interpolare; ma le deviazioni avvengono in senso inverso; per la ragione, che se la corrente positiva va dal polo zinco al polo rame nel conduttore, segue un cammino opposto nella pila andando dal polo rame al polo zinco. Se una pila a cassetta si situa nella direzione del meridiano magnetico, e al di sopra di essa un ago cala-

mitato, questo resta nella posizione dettata dall'azione magnetica fintantochè i due poli della pila non sono in comunicazione, ma subitochè questi si mettono in comunicazione mediante un filo metallico l'ago è deviato dalla sua posizione, e questo deviamento è maggiore in corrispondenza dell'attività della pila, e potrà servire a misurarne l'energia.

342. I Signori Biot e Savart hanno intraprese alcune sperienze tendenti a trovar la legge che regola l'azione di una corrente sovra una piccola calamita a proporzione che la distanza che li separa si accresce. Essi si sono serviti di un conduttore rettilineo verticale della lunghezza di dieci piedi; affinchè le estremità incurvate che comunicano colla pila fossero tanto lontane da poter trascurare la loro azione (Fig. 146.), usarono una calamita prismatica cortissima sospesa orizzontalmente per un filo di seta non torto, in una scatola di vetro; e questa calamita era resa astatica, val quanto dire indifferente all'azione del magnetismo terrestre, mediante una poderosa spranga calamitata situata ad una certa distanza e in posizione conveniente. La calamita mobile, essendo situata in prossimità di una corrente ad una distanza che si può accrescere o minorare, scostando più o meno il conduttore, si arrestò in una direzione perpendicolare alla più corta distanza dal centro della calamita al conduttore. Avendola discostata un poco da questa posizione di equilibrio, con avvicinarle un pezzo di ferro che se ne discostò in seguito, numerarono le oscillazioni che la calamita fa in un tempo dato, allorchè le loro amplitudini erano molto impiccolite, per potervi applicare la formula del pendolo. La comparazione dei quadrati dei numeri di oscillazione fatte nel medesimo tempo, a distanze differenti ha dimostrato che la forza direttrice della calamita dovuta all'influenza della corrente varia in ragione inversa della semplice distanza. Sostituendo al conduttore rettilineo un altro conduttore piegato ad angolo, (Fig. 147) situando il centro della calamita nel suo piano, in fuori, e sulla linea orizzontale che divide l'an-

golo in due parti uguali il signor Biot ha riconosciuto che la forza direttrice dovuta alla corrente varia ancora in ragione inversa della distanza della calamita dall'apice dell'angolo, ed è inoltre proporzionale alla tangente della metà dell'inclinazione della corrente all'orizzonte.

La pila non potendo conservare la stessa energia in tutto il tempo necessario per gli sperimenti di questa fatta, bisognava impiegare un mezzo di correzione. Perciò essi interposero sempre fra due osservazioni fatte a distanze differenti una osservazione fatta ad una distanza normale D, e paragonarono ogni nuova osservazione alla media dei due risultati ottenuti alla distanza costante, prima e dopo questa osservazione.

Il signor Laplace applicando il calcolo alle leggi scoverte dai signori Biot a Savart ha conchiuso che l'azione esercitata da un elemento lineare di una corrente voltaica sopra una particella magnetica varia in ragione inversa del quadrato della distanza, e proporzionalmente al seno dell'angolo che fa con la direzione della corrente la linea che unisce i centri dell'elemento e della particella. Quest'azione elementare era importante a conoscersi per analizzare con precisione gli effetti di un conduttore di forma qualunque sopra una calamita.

343. Un pezzo di ferro dolce non calamitato, e nel quale i fluidi magnetici sono riuniti, resta indifferente all'azione di una corrente voltaica a qualunque distanza; dal che si deve conchiudere, che la legge che regola le azioni di una corrente su i fluidi magnetici, allorchè la distanza varia, è la stessa per i due fluidi; e conseguentemente le leggi osservate dal signor Biot, e la legge elementare che ne risulta, hanno luogo separatamente per ciascun polo delle calamite sperimentate; o generalmente parlando per tutt'i punti di un corpo suscettibile di magnetizzazione, nel quale i due fluidi magnetici non sono in quantità uguali.

Una calamita mobile in presenza di un conduttore rettilineo indefinito, disponendosi in una posizione perpendicolare

alla direzione della corrente, fa vedere come se venisse sollecitata da una coppia di due forze direttrici applicate nei suoi poli, e che intercetta la direzione che la linea di questi stessi poli tende a prendere; dal che si deve conchiudere che se la calamita è fissa e il conduttore è mobile, quest'ultimo verrebbe a situarsi perpendicolarmente all'asse della calamita; perchè in questa influenza scambievole la reazione deve essere uguale all'azione, e questa conchiusione è verificata dall'esperienza.

344. Poco tempo dopo la scoverta dei primi esperimenti elettromagnetici il signor Faraday ebbe il primo l'idea di far produrre un movimento di rotazione continuo per l'azione scambievole delle calamite e delle correnti voltaiche. L'apparecchio di cui si servì è presso a poco il seguente. Un piatto circolare di zinco $z\,z$ (Fig. 348) limitato da un bordo cilindrico $x\,x$, che ha nel suo centro un'apertura ugualmente circondata da un tubo cilindrico $y\,y$. Quest'ultimo bordo sostiene un'asta di rame $c\,c'$ terminata da una piccola capsoletta c' nella quale si mette una goccia di mercurio. Una porzione di acido solforico allungato con acqua si versa sul piatto di zinco tra i due cilindri $x\,x$ ed yy. Finalmente una punta metallica p appoggiata sul fondo della capsoletta c' sostiene un piccolo apparecchio composto di due fili di rame verticali tt, $t't'$ i quali sostengono nel basso un anello di rame $s\,s$, che mantengono nel mezzo del liquido acido. L'azione dell'acido sullo zinco dà luogo alla decomposizione del fluido naturale; cosicchè l'elettricità positiva si trasmette mediante l'anello di rame ss ai fili verticali tt, $t't'$, e da questi alla punta metallica p, al mercurio posto nella capsoletta c', all'asta $c'c$, e ciò per raggiungere l'elettricità negativa che tende ad accumularsi sul piatto di zinco: dal che risulta una corrente voltaica ascendente nei due fili verticali tt $t't'$. In queste circostanze se si presenta il polo di una calamita nell'interno del cilindro yy, si vede che l'apparecchio sospeso sulla punta acuminata p prende un movimento di rotazione continuo intor-

no la verticale $c'c$; e se si rovescia la calamita presentando nel cilindro yy l'altro polo si osserva anche movimento di rotazione, ma in senso inverso del primo.

Il signor Ampère è riuscito a produrre l'esperimento inverso, val quanto dire la rotazione di una calamita mediante l'influenza di una corrente fissa: e a far ciò impiegò un tubo largo di vetro ripieno di mercurio nel quale fece galleggiare una calamita cilindrica, che fece reggere in posizione verticale mediante un contrappeso di platino della stessa forma cilindrica della calamita e attaccato al di sotto di essa (Fig. 149). Il piano superiore della calamita era reso di forma concava, nella cui concavità vi era posto il mercurio dal quale partiva la punta di un filo verticale che coll'altra sua estremità comunicava con uno dei poli della pila; un cerchio di rame che s'immergeva nel mercurio posto nel tubo di vetro comunicava mediante un conduttore conveniente con l'altro polo della pila. Da questa disposizione risulta una corrente voltaica che passa dal cerchio di rame al mercurio posto nel tubo di vetro, e da questo alla calamita, e al mercurio postovi sopra, e finalmente al filo metallico che vi è immerso, e si osserva che la calamita gira intorno al suo asse. Questo movimento di rotazione si esegue in senso opposto sì allorquando si rovescia la calamita, lasciando intatta la direzione della corrente, che quando si rovescia la corrente lasciando la calamita nella stessa posizione.

Per dar ragione di questi movimenti di rotazione basta aver presente la legge elementare, che è una conseguenza rigorosa delle leggi scoverte dai Signori Biot e Savart.

345. Il Signor Faraday ha scoverto un'altro genere di movimento di rotazione che si può avere mediante l'apparecchio del Signor Ampère escogitato per far girare una calamita sul suo asse; per questo bisogna far immergere nel mercurio del tubo di vetro il filo conduttore che si faceva immergere nella cavità superiore della calamita nell'esperienza citata. Stando la calamita immersa nel mercurio, ma fuori del centro

attrazione o sempre repulsione, secondochè il polo australe è alla dritta o alla sinistra della corrente. Se il conduttore è successivamente innalzato al di sopra dei due piani orizzontali menati per i poli, o abbassato al di sotto, l'attrazione o la repulsione persiste fino ad un certo limite di distanza, oltrepassata la quale si avrà repulsione o attrazione.

347. L'azione direttrice delle correnti voltaiche sull'ago calamitato è stata applicata dal signor Schweiger alla costruzione di uno strumento che serve ad indicare l'esistenza di una corrente: questo strumento chiamato *galvanometro* o *moltiplicatore*, rappresentato dalla (Fig. 151) consiste in un quadro rettangolare di legno disposto verticalmente nel meridiano magnetico, in modo che i suoi lati più lunghi sieno disposti orizzontalmente; un filo metallico coverto di seta si avvolge al quadro formando diversi giri, avendo le due sue estremità scoverte per metterle in comunicazione con le estremità di una serie di conduttori ne'quali si vuol dimostrare l'esistenza di un'azione elettromotrice; un ago calamitato molto sottile è sospeso da un filo di seta cruda nel mezzo del quadro. Allorchè l'ago non prova altra influenza che quella del globo si dirige in direzione parallela ai rettangoli formati dai fili; ma quando il filo è attraversato da una corrente elettrica l'ago è deviato dal meridiano magnetico dalle azioni concordanti dei lunghi lati di questi rettangoli che fan l'uficio di tanti conduttori rettilinei. È facile osservare che le correnti sottoposte all'ago quantunque camminino in senso contrario di quelle che percorrono al di sopra, tendono non ostante a far girare il polo australe dal medesimo lato, in modo che tutte queste correnti parziali si accordano per aumentare la deviazione, che sarà maggiore qualora la corrente è più energica, e perciò può servire a paragonare l'energia di diverse correnti; ma i rapporti di queste forze non potranno dedursi dalle deviazioni prodotte che per mezzo di una tavola di graduazione.

Ordinariamente si dispongono nel galvanometro due aghi

calamitati che hanno presso a poco la stessa forza, traversando parallelamente e in senso inverso l'una dell'altro un filo di paglia sospeso verticalmente ad un filo di seta non torto (Fig. 152). Uno di questi aghi è situato nel mezzo dei rettangoli, e l'altro è posto al di sopra del quadro, e risente le azioni inverse dall'influenza delle correnti parziali superiori, e da quelle inferiori; ma l'azione delle prime, essendo più prossima, distrugge quella delle seconde; ed è facile capire che la loro differenza tende a far girare il sistema mobile nello stesso verso che le azioni esercitate sull'ago situato nel mezzo del quadro, e perciò l'influenza di una corrente si trova aumentata da questa disposizione. Ma quel che rende le deviazioni più sensibili, si è la grande diminuzione della resistenza opposta dall'azione del globo; perchè i due aghi avendo i momenti magnetici presso a poco uguali, ed essendo paralleli e diretti in senso contrario, non vi è che la debole differenza tra le forze direttrici che il globo esercita sopra di essi, che tende a spingerli nel meridiano magnetico.

Questi galvanometri per lo più sono forniti di un disco di cartone graduato posto tra il quadro e l'ago superiore; questo disco ha un'apertura nel centro bastantemente larga, per la quale passa la paglia sospesa, che traversa il bordo del rettangolo mediante un'apertura praticata fra le spire prodotte dal filo metallico. La deviazione che subisce l'ago superiore si osserva facilmente sulla graduazione del disco; e il senso di questa deviazione denota quello della corrente; basta cercare la posizione che deve avere un osservatore coricato sul quadro e rivolto verso l'ago perchè il polo australe deviato si trova verso la sua sinistra; la corrente dei fili superiori del rettangolo è allora diretta dai suoi piedi alla testa, e trovata questa direzione è facile conchiudere quale estremità del conduttore riceve l'elettricità positiva.

348. A principio si credè che soltanto le correnti elettriche prodotte dalle pile potevano influire sull'ago calamitato; ma il signor Colladon ha provato il primo che gli stessi fe-

nomeni possono prodursi mediante l'elettricità della macchina elettrica, badando che il filo del moltiplicatore fosse molto lungo, da poter formare una spira di cinque a seicento giri intorno al quadro, bene isolati gli uni dagli altri; questo filo deve terminare in due punte sottili, che si presentano ad una certa distanza alle armature di una batteria elettrica, o ad una bottiglia di Leyde; e in mancanza della batteria e della bottiglia, si presenta una di queste punte al conduttore della macchina elettrica, e l'altra ai cuscini. In ogni modo bisogna che le punte non sieno molto vicine alle due sorgenti di elettricità opposte, acciò la discarica venghi operata lentamente per mezzo del filo del moltiplicatore; a questo modo si ha una corrente che fa deviare gli aghi del galvanometro.

Lo stesso fisico ha impiegata l'elettricità atmosferica per ottenere una corrente elettrica, mettendo in comunicazione una delle estremità del filo conduttore del galvanometro con un parafulmine, e facendo comunicare l'altra estremità col suolo; si vedono gli aghi deviare ora da un verso, ora dalla parte opposta, il che dipende, da quel che abbiamo detto, che l'elettricità atmosferica passa facilmente dallo stato positivo al negativo. Tutti questi fatti dimostrano ad evidenza che l'elettricità dipendente da qualsisia sorgente dà luogo agli stessi fenomeni magnetici.

349. L'azione che esercita una corrente voltaica su i fluidi magnetici inegualmente distribuiti nelle calamite mobili li dà la proprietà di separare questi fluidi nei corpi sensibili al magnetismo; questo mezzo di magnetizzazione è stato studiato da molti fisici. Poco tempo dopo la scoperta del Signor OErstedt, il signor Davy osservò che si potevano calamitare gli aghi di acciaio situandoli perpendicolarmente alla direzione di una corrente voltaica per un tempo brevissimo, e rovesciando poi la direzione della corrente si trovano gli aghi magnetizzati in senso opposto. Il Signor Aragò osservò che il filo conduttore di una corrente voltaica agisce

sulla limatura di ferro al pari di una calamita, venendo questa attirata dal filo conduttore, e vi resta attaccata finchè la corrente elettrica percorre nel filo; di modo che quando la comunicazione tra i poli della pila è interrotta la limatura di ferro se ne distacca.

I signori Arago e Ampère immaginarono in seguito un apparecchio che produce sopra un pezzo di acciaio gli stessi effetti di una calamita, conformando a spira un filo metallico intorno a un tubo di vetro, situando nell'asse di questo tubo una bacchetta di acciaio leggiermente temperata, che occupa presso a poco tutta la lunghezza del tubo; questa bacchetta si magnetizza allorchè si fa percorrere una corrente elettrica lungo la spira; e essa presenta due poli situati, come si può sperimentare, supponendo un osservatore coricato sopra un giro della spira e che egli guardasse il pezzo di acciaio, allora il polo australe si trova a sinistra della corrente e il polo boreale a dritta. La scarica di una bottiglia di Leyde a traverso della spira è sufficiente per operare la magnetizzazione. Che se il filo metallico fa una spira in un senso, e poi ne fa un'altra in senso opposto, indi una terza nello stesso senso della prima, e così di seguito; l'influenza della corrente, o della scarica elettrica determina nella bacchetta di acciaio tanti punti conseguenti quanti sono stati i cambiamenti nel senso dalla spira. Questi poli intermediari possono essere riconosciuti assoggettando la bacchetta ne'diversi punti della sua lunghezza ad uno dei poli di un ago calamitato.

350. Il Signor Savary ha scoverto molti fatti relativi a questo modo di magnetizzazione: Egli situò diversi piccoli aghi di acciaio a differenti distanze da un conduttore rettilineo in modo che gli aghi erano diretti perpendicolarmente sul conduttore, e fece attraversare questo da una scarica di una bottiglia di Leyde; osservò che non venivano magnetizzati allo stesso modo, trovando magnetizzati più quegli aghi situati a minor distanza, e in quelli a maggior distanza i poli si trovarono rovesciati; vale a dire questi manifestavano po-

li contrari a quelli posti in prossimità, quantunque rivolti dalla stessa parte; ed esaminando lo stato magnetico degli aghi posti a diverse distanze riconobbe fino a cinque alternative diverse, simili alla precedente; il che dipende da una moltitudine di circostanze come la grossezza del diametro del conduttore, la sua lunghezza, l'intensità della carica elettrica ec. Il Signor Savary ha puranche osservato che si può ottenere una disposizione inversa nei poli di un ago calamitato qualora esso è situato nell'asse di una lunga spira formata da un filo metallico, che si fa attraversare dalla corrente, frapponendo tra l'ago e il tubo corpi non magnetizzabili, nella discarica si avranno risultati differenti; e qualora l'ago è circondato da un inviluppo di rame molto doppio non soffrirà magnetizzazione.

351. Il ferro dolce essendo quasichè sfornito di forza coercitiva, perciò le correnti elettriche non trovano resistenza nel magnetizzarlo, e la magnetizzazione in esso non è limitata che dall'intensità della carica elettrica; perciò un pezzo di ferro dolce assoggettato all'influenza di una corrente voltaica, che scorre attraverso di un filo metallico ricoverto di seta e conformato a spira, deve presentare tutte le proprietà di una calamita permanente; e se il pezzo di ferro ha la forma di un ferro di cavallo può sostenere pesi considerevoli fintanto che il conduttore che lo circonda è attraversato dalla corrente.

352. Per comprovare maggiormente l'influenza scambievole tra l'elettricismo e il magnetismo, il signor Faraday volle vedere se l'influenza di un corpo calamitato poteva produrre una corrente in un conduttore, e il successo coronò le indagini di questo dotto fisico; la sua scoverta ha fornita la spiega de'fatti osservati da gran tempo; ed ecco ciò che maggiormente può riguardare la quistione. Se l'armatura di una energica calamita conformata a guisa di un ferro di cavallo s'inviluppa in una spira di un lungo filo metallico ricoverto di seta, che poi s'avvolge intorno al quadro di

un galvanometro, e le estremità di questa spira sono saldate per formare un conduttore fermo, si osservano nel istante in cui l'armatura tocca la calamita, e qualora se ne distacca due deviazioni in senso opposto nell'ago del moltiplicatore. La prima deviazione indica nel filo del galvanometro una corrente opposta a quella che produrrebbe nel ferro dell'armatura una polarità simile a quella dovuta all'influenza della calamita. Allorchè l'armatura resta in riposo l'ago si rimette nella sua posizione di zero di deviazione; il che dinota che il filo non è attraversato da alcuna corrente.

Se una spranga calamitata s'introduce bruscamente nell'interno di una spira metallica, che comunica pe' suoi estremi con le estremità del filo di un moltiplicatore, l'ago del moltiplicatore è deviato, indicando sulla spira una corrente inversa; vale a dire opposta a quella che avrebbe potuto dare alla calamita la polarità che possiede; che se poi si ritira rapidamente la spranga, l'ago al contrario dà indizi di una corrente diretta. Inoltre se si spinge continuamente con un movimento uniforme nell'interno del tubo prodotto dalla spira, la deviazione cessa quando arriva nel mezzo del tubo della spira, e cambia direzione quando va a uscire per l'altro estremo. In tutt' i casi qualora s'interrompe il movimento della spranga l'ago del moltiplicatore ritorna al zero di deviazione.

Non è indispensabile che la calamita penetri nel tubo della spira; ma basta che si avvicina o si allontana bruscamente da una delle estremità della spira per osservare una corrente, la quale è sempre inversa nel primo caso e diretta nel secondo; ma le deviazioni nel galvanometro sono sempre deboli in questi casi. Che se poi si situa nella spira una spranga di ferro dolce, gli stessi movimenti della calamita producono correnti molto più intense. Quest'accrescimento di effetto deve attribuirsi all'influenza del ferro dolce, e positivamente all'accrescimento o minorazione del suo stato magnetico. Del resto gli stessi fenomeni si osservano in qua-

lunque modo si avvicina o si allontana la calamita dalla spranga circondata dalla spira, e qualunque sia la forma della calamita e del pezzo di ferro.

Da questi fatti si può dedurre che se le correnti voltaiche sviluppano magnetismo, reciprocamente le calamite producono correnti voltaiche; colla sola differenza rimarcabilissima, che la magnetizzazione mediante la corrente ha luogo allorchè il conduttore e il corpo influente sono in riposo relativo, ovvero la corrente conserva la stessa intensità; mentre che una calamita non può produrre una corrente se non quando essa è in movimento per rapporto al conduttore, o se il suo stato magnetico varia.

353. Trascurando tutto ciò che si è praticato da diversi fisici per avere le scintille pel ravvicinamento delle estremità di un filo conduttore ravvolto lungo l'armatura di una calamita conformata a guisa di un ferro di cavallo, ravvicinandone o allontanandone bruscamente le estremità. Non faremo che descrivere l'apparecchio costruito dai signori Pixii padre e figlio, il quale mediante una calamita può produrre una corrente, atta a manifestare tutt'i fenomeni cagionati dall'elettricità voltaica ordinaria. In quest'apparecchio (Fig. 153) una calamita artificiale ACDB conformata a ferro di cavallo, composta da diverse spranghe si muove attorno di un asse verticale XY, e questo movimento viene operato da un conveniente meccanismo di leve e ruote dentate. Al di sopra della calamita si trova situato un pezzo di ferro dolce EGHF egualmente conformato a ferro di cavallo, il quale è disposto in modo che le basi E ed F sono vicinissime alle estremità piane A e B della calamita, ma senza toccarla, allorchè quest'ultima nel suo movimento si trova direttamente al di sotto del ferro dolce. Uno stesso filo di rame ricoverto di seta che ha le sue estremità in P e Q, si avvolge nello stesso verso intorno alle spranghe verticali EG e HF del ferro dolce, ove forma molte migliaia di giri. Mediante questa disposizione l'influenza della calamita sviluppa il magnetismo

nel ferro dolce, ma il senso della calamitazione si trova rovesciato a ciascuna semirivoluzione. Lo stato magnetico dell'arco di ferro varia successivamente, e si trova nella massima forza allorchè i poli della calamita passano immediatamente al di sotto delle sue estremità; questo stato decresce a proporzione che i poli si allontanano dalle estremità dell'arco; divien nulla se le linee menate per le estremità degli archi s'incrociano; e finalmente si accresce, cangiando di senso, allorchè proseguendo il movimento di rotazione, i poli della calamita si avvicinano rispettivamente alle estremità opposte a quelle che hanno abbandonato nel principio della semirivoluzione. A questo modo lo stato magnetico del ferro dolce oscilla costantemente fra due massimi, pe'quali la polarità è contraria. La corrente prodotta nel filo conduttore, per effetto di questo cangiamento continuato deve cangiare di senso in ciascuna semirivoluzione della calamita, o a ciascun passaggio dei suoi poli al di sotto dell'arco di ferro dolce.

L'esistenza della corrente elettrica nel filo conduttore, e i suoi rovesciamenti alternativi possono esser dimostrati nel modo seguente: Se si fanno comunicare le estremità P e Q del filo di rame con gli estremi del filo di un galvanometro, e mediante due impulsioni separate si fanno fare sussecutivamente alla calamita due semirivoluzioni nello stesso senso, si osserva durante la seconda impulsione una deviazione di direzione contraria a quella osservata nell'atto della prima. La calamita essendo costantemente in movimento, se per un istante si toccano con le estremità del filo metallico i piatti di un elettrometro condensatore si trova questo apparecchio caricato di elettricità or positiva e or negativa: il che dipende dal senso della corrente.

La maggior parte dei fenomeni dovuti al passaggio continuo dell'elettricità voltaica possono essere riprodotti per mezzo di quest'apparecchio; se imprimesi alla calamita un rapido movimento di rotazione tenendo in mano le due

estremità P e Q, qualora si fanno strisciare tra loro le estremità nude, ovvero si avvicinano e si allontanano successivamente a piccole distanze si osservano tra esse alcune piccole scintille elettriche; e in questa circostanza si provano le commozioni prodotte dalla discarica elettrica che attraversa il filo conduttore, le quali si operano tra le braccia nell'intervallo fra le due scintille. Si avranno poi commozioni anche più forti qualora si fan comunicare le estremità P e Q in due vasi che contengono liquido acidulato, immergendo negli stessi vasi le mani le quali mettono in comunicazione la corrente; e sarà meglio se le estremità P e Q sono attaccate a piastre metalliche che si fanno immergere nel liquido. Se le estremità P e Q del filo conduttore vengono messe in contatto con due fili di platino, situati verticalmente in uno stesso vase ripieno di acqua acidulata, e questi fili sormontati da due piccole campane ugualmente ripiene di acqua acidulata, subitochè la calamita si mette in movimento si osservano le bolle di gas che s'innalzano nelle due piccole campane, prodotte dalla scomposizione dell'acqua. Or siccome il senso della corrente cambia in ciascuna semirivoluzione della calamita, perciò si hanno in ciascuna campana mischiato il gas idrogeno coll'ossigeno nelle proporzioni necessarie per riprodurre l'acqua. Per avere i gas separati si può usare un meccanismo escogitato da Pixii figlio, che consiste in un altaleno di legno che abbia alle estremità delle doppie leve quattro archi metallici, e che un eccentrico mobile coll'asse di rotazione, fa successivamente inclinare ora da un verso or dall'altro in ciascuna semirivoluzione (Fig. 154). Gli archi metallici toccano così successivamente le estremità differenti di due lamine di rame in croce isolate l'una dall'altra PP', QQ', e di due altre parallele RR', SS'. Acciò il contatto stabilisca una comunicazione più perfetta, tanto le estremità degli archi metallici, che i punti delle lamine di rame ove si esegue il contatto sono amalgamate. Alle quattro linguette sono rispettivamente attaccate da una parte le

estremità P e Q e dall'altra le estremità libere dei fili che comunicano colle piccole campane dell'apparecchio ove si opera la scomposizione dell'acqua. Mediante questa disposizione le correnti conservano sempre lo stesso senso nei fili che vanno sotto le campane, quantunque cangiano successivamente. Si osserva, in fatti, che mediante questo meccanismo, i gas provenienti dalla scomposizione dell'acqua sono separati.

354. Il Signor Arago ha scoverto un genere di azione scampievole tra le calamite e i corpi tenuti fino allora come insensibili al magnetismo, cio che ora si dimostra per l'influenza di una calamita mobile verso i conduttori vicini. L'origine di questa scoverta fu la seguente: esaminando il Signor Arago il movimento di un ago di bussola rinchiuso in un mortaretto di rame puro, fu sorpreso nel vedere che il numero delle oscillazioni che eseguiva da una parte e dall' altra del meridiano magnetico non corrispondevano alla sua mobilità, che si era fatto di tutto perchè fosse grandissima; queste oscillazioni, quantunque sempre della stessa durata, pure decrescevano rapidamente di amplitudine, e l'ago era ben presto ridotto nello stato di riposo; e disponendo l'ago fuori del mortaretto di rame le oscillazioni erano così estese e così numerose, che vi bisognava molto tempo per mettersi in riposo. Per indagare la cagione di questa singolare resistenza alla durata del movimento il signor Arago fece oscillare successivamente un ago calamitato al di sopra di diversi dischi di rame puro di differenti grossezze; osservò che l'amplitudine delle oscillazioni diminuiva più rapidamente che il disco di rame vicino era più grosso; e che un corpo interposto tra il disco di rame e l'ago, come una pergamena o un foglio di carta, non apportava alcuna novità. Molti fisici hanno verificato che questo fenomeno poteva esser prodotto da altre sostanze diverse dal rame. La diminuzione più o meno rapida dell'amplitudine nelle oscillazioni dell'ago calamitato prodotta da dischi delle stesse dimensioni di diverse sostanze, è servita a classificarle secondo l'ordine della loro ener-

gia in questo genere di azione; e si è dedotto che il rame ha la maggiore energia, e vengono d'appresso lo zinco e lo stagno.

Or siccome il rame non ha azione sensibile sull'ago calamitato in riposo, si deve conchiudere che il movimento dell'ago è la causa dello sviluppo delle forze che si emettono dal disco per minorare l'amplitudine delle oscillazioni. Da ciò fu condotto il Signor Arago a pensare che il movimento di un disco di rame sottoposto ad un ago calamitato in riposo poteva farlo deviare dalla posizione del meridiano magnetico, e il fatto ha confermato questa sua idea: così imprimendo un movimento di rotazione a un disco di rame puro, posto al di sotto di un ago calamitato tra quali fu situato una lastra di vetro, per non sospettare che la deviazione dell'ago fosse dovuta al movimento dell'aria, riconobbe che l'ago è deviato tanto più dal meridiano magnetico per quanto è più rapido il movimento di rotazione del disco. Aumentando progressivamente la rapidità di questo movimento, la deviazione dell'ago ben presto si fa di 90°; e allora l'ago è strascinato prendendo un movimento di rotazione nello stesso senso di quello del disco. Cambiando il senso del movimento del disco di rame, l'ago è deviato e gira in un senso inverso del primo movimento; e che se si distrugga la continuità del piatto di rame praticandovi alcuni tratti di sega nella direzione dei raggi, l'effetto del suo movimento di rotazione sull'ago calamitato viene molto minorato; e se queste fenditure si riempiono di bismuto o di altro metallo l'azione ripiglia quasi la stessa energia, e aumenta per poco allorchè le fenditure si riempiono di limatura di rame.

355. Le scoverte del signor Faraday relative alle correnti prodotte dall'influenza delle calamite hanno somministrate le basi di una teorica fisica isolata, alla quale si è dato il nome di magnetismo in movimento. Dopo i principii stabiliti precedentemente, allorchè i poli di una calamita cambiando di posizione relativamente ai differenti punti di una

piastra metallica vicina debbono produrre alla superficie o ne suo interno le correnti voltaiche di diverso senso; sulle parti che si discostano dai poli le correnti devono esser dirette, vale a dire in un senso tale da esser capaci di dare alla calamita la polarità che possiede, mentrechè nelle parti del conduttore che si avvicinano ai poli le correnti devono essere inverse. Tutte queste correnti una volta stabilite devono reagire su i poli delle calamita dopo le leggi conosciute. Or siccome si vede, le azioni de'due generi di correnti si accordano per opporsi in parte al cangiamento delle distanze relative, tra la calamita e i differenti punti della piastra conduttrice; dal che ne viene una certa resistenza al movimento, il che dà ragione sì alla diminuzione rapida delle oscillazioni di un ago calamitato che si trovi in prossimità di una lamina conduttrice in riposo, come ancora alla rotazione di un ago prodotto dal movimento di un disco metallico.

Per analizzare l'effetto prodotto dalle reazioni delle correnti; sia EF (Fig. 155) un disco di rame che gira nel senso indicato dalla freccia; AB una spranga calamitata che si muove orizzontalmente sur una punta, posta ad una certa distanza al di sopra del disco; *mn* un elemento della corrente, in un punto del piatto che si allontana dal polo australe A; *pq* un altro elemento della corrente in un punto che si approssima allo stesso polo. La prima corrente *mn* essendo diretta, e la corrente *pq* inversa, il polo A deve essere alla sinistra della prima, e a dritta della seconda; dal che segue che queste correnti tendono tutte e due dal centro alla circonferenza nel senso supposto del movimento del disco. L'azione dell'elemento *mn* sopra di A si riduce ad una forza applicata in questo polo perpendicolarmente al piano *mn*A, e diretto in tal modo che il polo A tende verso la sinistra della corrente *mn*; questa forza si eleva dunque al di sopra del piano *mn*A e s'inclina conseguentemente verso *mn*, in maniera che la sua componente orizzontale è diretta nel

senso del movimento del disco. L'azione dell'elemento *pq* è ugualmente applicato in A perpendicolarmente al piano *pq*A, ed è diretto in tal maniera che il polo A tende verso la sinistra della corrente *pq*; cosicchè questa nuova forza si abbassa al di sotto del piano *pq*A, e s'inclina verso *mn*, in maniera che la componente orizzontale è ancora diretta nel senso del movimento. Dal che si può conchiudere che le azioni delle correnti dirette sono attrattive e quelle delle correnti inverse repulsive; e siccome le prime correnti nascono dall'allontanamento del polo influente, e le seconde dal suo ravvicinamento, così ne risulta che nel movimento relativo della calamita, e del disco conduttore, le parti di questo disco, che si allontanano dai poli o da cui i poli si allontanano, tendono a trascinarli o a ritenerli; e le parti che si avvicinano ai poli, o a cui i poli si approssimano tendono a respingerli: adunque le reazioni delle correnti sulla calamita costituiscono una forza ritardatrice analoga allo strofinio o alla resistenza de'mezzi. Si potrà vedere facilmente mediante considerazioni simili alle precedenti, che le correnti prodotte dall'influenza del polo boreale, e che devono tendere dalla circonferenza al centro nel movimento che abbiamo considerato, reagiscono per far girare la spranga calamitata nel medesimo senso che le azioni delle correnti dovute al polo australe; finalmente che la calamita seguirebbe ancora il movimento del disco, se questo girerebbe in un senso contrario a quello che abbiamo considerato. Quest'analisi non ha altro scopo che d'indicare la cagione generale de'fenomeni del magnetismo in movimento.

356. Il Signor Faraday si è assicurato direttamente dell'esistenza delle correnti sopra un piatto di rame che faceva girare fra i poli di una energica calamita conformata a guisa di ferro di cavallo (Fig. 156). Sull'asse di rotazione del piatto avvolse leggiermente una delle estremità del filo di un galvanometro, e l'altra estremità amalgamata, del medesimo filo, la presentò in differenti punti del disco mobile, si

prima che dopo il passaggio per i poli della calamita. Osservò una deviazione nell'ago del moltiplicatore, che l'indicò una corrente su i raggi del disco diretta dal centro alla circonferenza o inversamente, secondo il diverso senso di rotazione; e che la corrente percorreva nel medesimo senso situando l'estremità amalgamata sul bordo del disco, prima o dopo il passaggio fra i poli. È facile marcare che la corrente, quantunque del medesimo senso su i raggi che si allontanano dalla calamita, e su que'che si avvicinano, pure è in questo mezzo diretta per le prime, e inversa per le seconde relativamente alla polarità posseduta dalla calamita. L'apparecchio del signor Faraday differisce da quello del signor Arago, in ciò che nel primo il disco gira fra i poli; e nel secondo i due poli sono dalla stessa faccia del disco. Per le teoriche stabilite precedentemente, nella sperienza del signor Faraday, le influenze dei due poli devono determinare sulle due facce opposte del disco le correnti parallele andando tutte e due dal centro alla circonferenza, o inversamente, secondo il senso di rotazione. Nell'apparecchio del signor Arago le influenze dei poli cagionano le correnti opposte sulle due metà del disco; vale a dire che se le correnti tendono verso il centro in vicinanza del polo australe, devono al contrario andare verso la circonferenza presso il polo boreale.

357. Il signor Ampère, nel cercare la dimostrazione dell'influenza magnetica prodotta dalle correnti voltaiche, concepì una idea particolare sulla costituzione delle calamite; e le sperienze che intraprese per verificare la sua ipotesi lo condussero alla scoverta di una nuova serie di fenomeni sull'azione scambievole delle correnti elettriche; e per mettere in chiaro questo genere di azioni immaginò l'apparecchio seguente pel quale ebbe a sormontare non poche difficoltà. Il legno potendosi considerare non conduttore dell'elettricità a debole tensione sviluppata dalla pila, i conduttori metallici posti sur una tavola di legno devono considerarsi come isolati, di

modo che si possono disporre su questa tavola senza tema che le correnti elettriche si allontanino dalla direzione che se li assegna. Questa circostanza li è stata di gran soccorso nella costruzione del suo apparecchio; ma aveva altre condizioni più difficili a soddisfare; bisognava rendere mobile una porzione del circolo voltaico, per sottoporla all'azione o di un conduttore fisso, o di una calamita, o della terra. Dippiù l'intensità delle correnti delle pile essendo soggette a grandi variazioni, perciò sarebbe stato necessario moltiplicare le osservazioni e prenderne il risultato medio. Ad evitare questi inconvenienti il signor Arago immaginò di far passare la corrente proveniente dalla stessa pila per i conduttori fissi e mobili in cui volle dimostrare l'azione scambievole; a questo modo le difficoltà si limitarono a stabilire le comunicazioni convenienti.

La tavola sulla quale è montato l'apparecchio ha due colonne di rame ST, S′T′ (Fig. 157), potendo servire una a trasportare la corrente al conduttore mobile, l'altra a rinviarla verso la tavola. Queste due colonne sono riunite da una asta di rame orizzontale recisa nel suo mezzo in due parti CT, C′T′, separate da un piccolo cilindro CC′ di legno o di avorio, o di qualunque altra sostanza isolante; due coppe o vaschette *a*, e *b* di forma annulare sono sospese nella direzione della verticale nel mezzo del cilindro CC′. La coppa *a* sormonta una coppa metallica piena, mediante un'asta verticale da *a* fino a *g*, indi si bifurca in due braccia *gie*, *g′e′*, che sono terminate da due piccole coppe *e*, ed *e′*. Un cilindro cavo di metallo inviluppa l'asta *ag*, dalla quale n'è isolato mediante un tubo di vetro; questo cilindro cavo è terminato verso l'altra dalla coppa *b*, ed è saldato verso il basso a due braccia conduttrice ricurve *h k f*, *h′ k′ f′* che finiscono in due coppe *f*, *f′*.

Le coppe *e*, *f′* sono nella stessa linea verticale, come pure le altre due *f*, *e′*; le coppe *e*, ed *f* sono sullo stesso piano orizzontale, parimente che le due altre due *e′*, ed *f′*. Due

4

linguette di rame $l\,a$, $l'\,b$, stabiliscono le comunicazioni tra le braccia CT, C'T' e le coppe annulari *a*, e *b*. Finalmente in tutte le vaschette vi è posto il mercurio.

Le aste ricurve $g\,i\,e$, ed $h'\,k'\,f'$ sono separate l'una dall'altra mediante sostanze isolante; le braccia $g\,i'\,e'$, ed $h\,k\,f$ sono isolate allo stesso modo. In vece di S'T' vi è una colonna UV, situata nelle vicinanze di ST, riunita verso l'alto col cilindro di legno CC' mediante una bacchetta metallica orizzontale dalla quale parte la linguetta $l'\,b$. Mercè questa disposizione le basi delle due colonne che ricevono e restituiscono alla tavola la corrente voltaica, si trovano vicine, e le altre comunicazioni metalliche dell'apparecchio sono più facili a stabilirsi.

Questi sostegni come sono descritti, permettono d'introdurre nel circolo voltaico una parte mobile; basta che il conduttore, che lo compone, qualunque ne sia la forma, venghi terminato da due punte E, ed F, (Fig. 158) situate sulla stessa verticale, e ad una distanza tale che la punta E essendo poggiata sul fondo della vaschetta *e*, la punta F sia semplicemente immersa nel mercurio della vaschetta f'. Bisogna ugualmente che il centro di gravità di questo conduttore mobile sia situato sulla linea EF prolungata, condizione che si può adempire sì facendo la forma del conduttore simmetrica a questa linea, come pure adattandoli un contrappeso conveniente. Deve aversi tutta l'attenzione di isolare tutte le parti di questo filo conduttore con l'aiuto di piccoli pezzi di legno o di avorio. A questo modo il conduttore sarà mobile intorno alla verticale che passa per la punta E, e la punta F non serve che a ricevere e trasmettere la corrente al mercurio della vaschetta f'. È facile intendere che per mezzo di quest'apparecchio si giunge allo scopo proposto; perchè se la corrente s'innalza per la colonna ST, percorre successivamente l'asta orizzontale TC, la linguetta $l\,a$, l'asta $a\,g$, il braccio curvo $g\,i\,e$, e mediante la punta E passa nel conduttore mobile; e dopo aver percorso tutte le sinuosità usci-

rà per la punta F onde percorrere il braccio $f' k' h'$, il cilindro cavo $h' b$, la linguetta $b\, l'$, e discendere finalmente per la colonna VU.

Or un conduttore terminato da due punte che poggiano su i fondi delle coppette e, ed f, o e', ed f', si moverà intorno alla linea orizzontale che passa per queste punte; e se le basi delle due colonne comunicano rispettivamente con i due poli di una pila, questo conduttore mobile farà parte del circolo voltaico, poichè le due capsolette nelle quali termina, una comunica con la linguetta la, l'altra con la linguetta $l' b$; che perciò questo conduttore mobile dovrà esser munito di un contrappeso tale, che il suo centro di gravità sia posto ad una piccola distanza al di sotto della linea che serve di asse di rotazione.

358. Qualora si vuol dare alla parte mobile un movimento di rotazione continuo non bisogna servirsi dello stesso genere di sostegni, ma bisogna darli un'altra disposizione. Così nel movimento di rotazione intorno di una verticale si può far uso di un apparecchio simile a quello impiegato nella prima sperienza di rotazione ideata dal signor Faraday; perciò s'impiega un'asta ab rivestita da un tubo di vetro (Fig. 159) che traversa la tavola, quest'asta che si può elevare più o meno, e fissarla ad un'altezza determinata per mezzo di una vite di pressione, è terminata alla parte superiore da una cavità, in questa cavità ripiena di mercurio s'immerge la punta dell'apparecchio mobile, che riceve o trasmette la corrente mediante una striscia di rame $s\, s'$, la quale preme contro di un conduttore fisso $c\, c'$ posto al di sotto della tavola, che comunica con la base U o S del sistema poc'anzi descritto. L'equipaggio mobile è terminato nel basso da una corona di rame, che tiene sospesa in un liquido acido posto in un vase metallico circolare, la parete di questo vase comunica per uno de' suoi punti qualunque con la base S o U per mezzo di linguette metalliche.

Per far attraversare la corrente pei conduttori fissi, e in-

trodurla facilmente, interromperla, e cambiarne la direzione sì nel conduttore mobile, che nel conduttore fisso, vi è nella tavola dell' apparecchio principale un sistema di cavità e di canaletti ripieni di mercurio, che si fanno comunicare mediante linguette metalliche e leve a bilico. Questo sistema è espresso nella (Fig. 160). I due canaletti N e P ricevono le estremità de'fili conduttori che comunicano con i poli di una pila; una delle cavità *d e* d' è posta in comunicazione col canaletto P mediante una linguetta metallica $l l_1$ o $l' l'$ della leva a bilico B, che deve essere situata al di sopra di $a\, d\, d'\, a'$ della tavola, e che si può fare inclinare a dritta o a sinistra facendola bilicare sul suo asse di legno.

Or supponiamo che la cavità *d* comunica col canaletto P. Il fluido positivo passerà dal canale *d e* nel canaletto semicircolare *e f*, di là s'innalzerà per un filo di rame verticale piegato orizzontalmente nel meridiano magnetico, e scenderà per l'altro braccio verticale dello stesso filo nel canaletto e' f'. Un ago calamitato mobile, posto sotto della parte orizzontale di questo conduttore, indicherà colla sua deviazione l'esistenza la direzione e l'intensità della corrente. Dal canaletto semicircolare $e' f'$ il fluido positivo sarà condotto mediante una linguetta di rame ad una delle colonne ST dell'apparecchio destinato al conduttore mobile, e dopo aver percorso tutto il sistema di quest'apparecchio, uscirà per la base U della seconda colonna per essere trasportata mediante un'altra linguetta conduttrice alla cavità d'''. Questa cavità comunica attualmente col canaletto QR mediante un arco metallico di una nuova leva a bilico, avendo lo stesso asse di legno come B, ed è situato al di sopra della parte $bd'''\, d''\, b'$ della tavola. Una doppia leva a bilico simile nel sistema alle due precedenti, può mettere in comunicazione una delle cavità c'' o c''' col canaletto QR, e nel medesimo tempo una delle cavità c' o c col canaletto N. Noi supponiamo attualmente che questa doppia leva a bilico s'inclini verso la sinistra. Il fluido positivo trasmesso dalla cavità d''' al canaletto QR,

è condotto nella cavità c'', da cui passerà in L, e mediante una lamina di rame percorrerà tutto il sistema di un conduttore fisso e sarà ricondotto alla tavola nel punto K. Una lamina di rame lo condurrà alla cavità c' che comunica col canaletto N, ove s'immerge il polo negativo della pila. A questo modo il circolo voltaico si trova compiuto.

La cavità d' comunica con d''', e la cavità d con d'', mediante due linguette di rame in diagonale, separate l'una dall'altra per mezzo di un corpo isolante. Mercè queste comunicazioni è facile intendere, che per rovesciare la direzione di una corrente nel conduttore mobile basta girare la leva a bilico BB verso la sinistra, di modo che essa metta in comunicazione d' con P, d'' con QR; perchè il fluido positivo seguirà il cammino P d' d''' U......S f' e d d'' R, ch'è inverso di quello che seguiva precedentemente.

La cavità c''' comunica con c', e la cavità c'' con c, mediante due lamine di rame poste in croce e isolate tra loro. Mercè queste comunicazioni, volendo rovesciare la direzione della corrente nel conduttore fisso, basta girare la leva a bilico B'B' verso la dritta in modo che metta in comunicazione c''' con QR, c con N. Perchè il fluido positivo arrivato nel canaletto QR, dopo aver seguito in un senso o nell'altro il conduttore mobile, percorrerà in seguito il cammino RQ c''' c' K.....Lc'' c N, inverso di quello che seguiva nella prima posizione della leva a bilico B'B'.

359. L'apparecchio generale ideato dal signor Ampère per dimostrare le attrazioni e le ripulsioni che esercitano tra loro i conduttori che vengono attraversati da correnti voltaiche può servire ancora per dimostrare la reazione di una calamita fissa sopra un conduttore mobile, e produrre l'esperimento inverso de' primi fatti sull'elettro-magnetismo. Per operar ciò si usa un conduttore che ha la forma di un rettangolo reso mobile intorno alla verticale che passa per due capsolette soprapposte dell'appoggio generale, mediante due punte o assi disposti nel modo indicato nella (Fig. 161). Il sistema

del conduttore fisso essendo inutile, facendosi comunicare direttamente il canale RQ con N mediante un arco metallico.

Si osserva inoltre che il conduttore mobile, allorchè è attraversato da una corrente, oscilla da una parte e dall'altra dalla posizione di equilibrio nella quale poi si arresta, e questa posizione è tale che il piano del rettangolo si trova perpendicolare alla direzione dell'ago calamitato. Allorchè il rettangolo ha acquistata questa posizione di equilibrio, la corrente percorre a traverso del suo lato inferiore da levante a ponente. Se si cambia la direzione della corrente per mezzo della leva a bilico BB, il rettangolo fa una semi-rivoluzione per fermarsi nello stesso piano, ma in una posizione inversa; in maniera che in tutt'i casi la corrente va da levante a ponente sul lato inferiore EO allorchè il conduttore mobile ha presa la sua posizione di equilibrio. Questa direzione fissa è determinata dall'influenza magnetica della terra.

Una calamita situata al di sotto di EO in una posizione perpendicolare al meridiano magnetico, fa deviare il rettangolo mobile dalla posizione di equilibrio che il globo terrestre tende a darli; il suo piano si avvicina di tanto più al piano perpendicolare all'asse della calamita, per quanto la corrente è più energica, la calamita è più poderosa, ed è più vicina. Se si cambia la posizione dei poli della calamita, ovvero si rovescia il senso della corrente, la deviazione nel conduttore avviene in senso contrario. In tutt'i casi il polo australe si trova sempre a sinistra della corrente, dopo chè è prodotta la deviazione nel conduttore.

360. Si ottiene un conduttore mobile astatico, vale a dire indifferente all'azione del globo, allorchè si compone di due rettangoli uguali, i cui lati inferiori sono attraversati dalla corrente in senso opposto; (Fig. 162) perchè in tal caso il globo terrestre tendendo a dare a questi due rettangoli due posizioni opposte, l'effetto totale verrà distrutto. Di fatti si osserva che un conduttore di questa forma resta indifferente in tutte le posizioni, allorchè viene introdotto nel circolo

voltaico. Allora se si dispone una calamita fissa orizzontalmente al di sotto di EO in una direzione qualunque, il piano del conduttore mobile si situa perpendicolarmente all'asse della calamita, in modo che il polo australe trovasi posto alla sinistra della corrente che percorre in EO. Il rovesciamento dei poli, o della corrente, determina un cambiamento di posizione, cosicchè questa doppia condizione si trova sempre adempiuta.

Tutti questi fatti relativi all'azione della terra, o delle calamite su di un conduttore mobile, non fanno che verificare le conseguenze che si devono dedurre dalle scoverte di OErstedt; le quali possono essere prevedute stabilendosi sul principio dell'uguaglianza necessaria fra la reazione e l'azione delle forze della natura, e dal perchè il globo agisce in tutt'i casi come una calamita. L'apparecchio precedente è stato usato fin ora per confermare le conchiusioni teoretiche; ma applicando quest'apparecchio all'azione scambievole delle correnti voltaiche il signor Ampère ha scoverti nuovi fenomeni che andremo ad esporne le leggi.

361. Per istudiare la reciproca azione delle correnti, si prende un conduttore rettilineo fisso, e propriamente una lamine di rame ricoverta di seta che si avvolge intorno ad un quadro rettangolare, in modo che faccia dieci o dodici giri, pel quale si fa percorrere una corrente energica; le estremità di questa lamina s'immergono nelle cavità L e K della tavola; mediante questa disposizione si moltiplica l'energia della corrente nel lato superiore E'O' del rettangolo (Fig. 163). Superiormente si sospende al sostegno dei conduttori mobili un doppio rettangolo astatico, in maniera che il lato orizzontale EO sia molto vicino a E'O', e faccia con questa linea un angolo qualunque; il tutto è disposto in modo che la verticale che passa per le punte del conduttore mobile sia nel piano del quadro, e s'è possibile in uno dei lati verticali del conduttore fisso. Allorchè la corrente voltaica è introdotta si osserva che il conduttore mobile gira

e si situa nel piano del conduttore fisso, cosicchè la corrente in EO sia parallela a quella in E′O′ e diretta per lo stesso verso. Rovesciando in seguito la direzione della corrente nel conduttore fisso o nel conduttore mobile, per mezzo delle leve a bilico, il doppio rettangolo girerà per situarsi costantemente onde corrispondere alla doppia condizione espressa di sopra. I risultati di queste esperienze sono racchiusi nella seguente legge generale: allorchè due correnti rettilinee fanno tra loro un certo angolo, sieno o no situate nel medesimo piano, esse si attirano qualora vanno tutte due ad approssimarsi o tutte due a discostarsi dal vertice dell'angolo, o più generalmente dalla linea che misura la loro più corta distanza; al contrario si repellono se una va approssimandosi e l'altra discostandosi dal vertice dell'angolo.

Per dimostrare l'azione scambievole di due correnti rettelinee parallele, si può far uso dello stesso conduttore fisso, e di un rettangolo che poggia colle sue punte sul fondo delle vaschette *c* ed *f* esso è mobile intorno alla linea orizzontale che passa per queste punte, questo rettangolo ha il lato superiore di una sostanza isolante, e gli altri tre di sostanza metallica; (Fig. 164) e ha un contrappeso che ritiene in equilibrio il lato inferiore EO, ad una piccola distanza, sulla dritta o sulla sinistra di E′O′. Subitochè il circolo voltaico viene adempito, si vede il rettangolo muoversi, e il suo lato EO si avvicina o si allontana dal conduttore fisso E′O′ che li è parallelo, secondochè la corrente percorre in EO ed E′O′ o nel medesimo senso o in sensi contrari. Così due correnti rettilinee parallele si attirano allorchè hanno la stessa direzione, e si repellono qualora hanno direzioni opposte.

362. Le due leggi precedenti regolano le azioni scambievoli delle correnti rettilinee, per conoscere quella tra due correnti di forma qualunque bisogna studiare l'influenza delle curvature dei fili conduttori, e l'esperimento seguente conduce ad una conseguenza importante che semplifica questo studio. Si sostituisce al conduttore rettilineo fisso e verticale

del paragrafo precedente un apparecchio che ha un conduttore rettilineo fisso e verticale E′O′, e un conduttore sinuoso E″O″ (Fig. 165), in cui le sinuosità si allontanano per poco da una parallela ad E′O′; e si fa in modo che la corrente cammini nel medesimo senso in questi due conduttori. L'ultimo doppio rettangolo astatico che noi abbiamo considerato s'introduce nel circolo in maniera che la corrente in EO abbia una direzione contraria a quelle delle correnti in E′O′, ed E″O″. Si osserva che il lato EO si dispone in equililibrio stabile fra i due conduttori fissi a distanze uguali da una parte e dall'altra; perciò bisogna conchiudere che l'azione repulsiva esercitata dal conduttore sinuoso è uguale a quella del conduttore fisso rettilineo. Si può provare con altro sperimento che un conduttore sinuoso che si allontana per poco in tutte le sue curvature da un conduttore rettilineo, agisce come questo, e può sostituirlo in tutte le circostanze. Di fatti se si presenta ad un conduttore fisso rettilineo e verticale, un conduttore mobile composto di un doppio filo, in cui le due parti isolate e ripiegate l'una sull'altra seguono la medesima direzione verticale, ma una in linea retta, e l'altra che li giri intorno, cosicchè la corrente li attraversa in due diversi sensi (Fig. 166). Si osserva che questo doppio conduttore mobile può restare indifferentemente in tutte le posizioni intorno all'asse di rotazione; il che dimostra che le due azioni esercitate dal conduttore fisso sulle due parti del filo mobile, le quali una è attrattiva e l'altra è repulsiva sono uguali in valore assoluto, dappoichè esse si distruggono. Questi fatti relativi ai conduttori sinuosi provano che si può sostituire ad una piccola porzione di corrente di forma qualunque un poligono rettangolare che passa per i suoi estremi.

363. Considerazioni semplicissime su i principii stabiliti precedentemente fanno prevedere tutte le circostanze del movimento che una corrente fissa rettilinea o circolare deve imprimere ad un'altra corrente mobile, allorchè si conosco-

no le posizioni dei conduttori che seguono queste correnti. Sia una corrente rettilinea AB orizzontale e indefinita nei due sensi; (Fig. 167) vediamo quale è il risultato della sua azione sur una porzione di un'altra corrente CD supposta mobile, rettilinea, orizzontale, e divisa in due parti uguali da un piano verticale menato per AB. Consideriamo che due elementi *a* e *b* della corrente AB presi ad uguali distanze da CD esercitano sopra di un elemento *m* della corrente CD due azioni uguali in valore assoluto, ma una è attrattiva e l'altra repulsiva; la loro risultante sarà dunque parallela ad AB e diretta verso A secondo le direzioni delle correnti indicate sulla figura. Da questo risulta che l'azione totale di una corrente indefinita AB su CO metà della corrente CD, la quale è composta da azioni elementari tutte analoghe a quelle che abbiamo considerato, si ridurrà ad una forza parallela ad AB e tendente a far muovere a poco a poco CO parallela a sè stessa da B verso A. Allo stesso modo si dimostrerà che l'azione di AB su di OD altra metà della stessa corrente CD devesi ridurre ad una forza parallela ad AB, e tendente a far muovere a poco a poco OD parallela a sè stessa da A verso B. Per effetto di questa simmetria, queste due risultanti parallele agiranno insieme per far girare la corrente CD fino a che sia ridotta parallela ad AB e diretta nello stesso senso. E questo è appunto il movimento che si è osservato, allorchè nell'apparecchio del signor Ampère si è disposto un conduttore astatico e mobile formato da due rettangoli soprapposti; il piano del conduttore mobile essendo perpendicolare a quello del conduttore fisso si vede il suo lato orizzontale muoversi, e arrestarsi nella posizione preveduta nel ragionamento precedente.

Se la corrente CD è verticale e totalmente al di sopra del piano orizzontale che passa per AB, non si ha che una sola risultante parallela alla corrente fissa, la quale tende a trasportare CD parallela a sè stessa. Se dunque quest'ultima corrente è mobile intorno ad un asse verticale EF si deve

situare nel piano che passa per quest'asse ch'è parallelo ad AB (Fig. 168). Se la corrente fissa và da A a B, e la corrente mobile è discendente, CD si troverà nella sua posizione di equilibrio a sinistra di EF o verso A. Se la corrente CD è al contrario ascendente si situerà a dritta di EF. Se si hanno due correnti verticali mobili situate in uno stesso piano che passa per EF ad uguali distanze da quest'asse l'una ascendente e l'altra discendente, esse concorrono a dare al loro piano una posizione fissa parallela ad AB. La terra che agisce sur una calamita orizzontale come una corrente rettilinea che va da levante a ponente somministra un esempio del caso attuale, determinando il piano di un conduttore rettangolare mobile a situarsi perpendicolarmente al meridiano magnetico. Se quest'azione della terra o della corrente che la rappresenta trascina in una direzione perpendicolare al meridiano magnetico il piano di un conduttore circolare mobile intorno di una verticale che passa pel suo centro, ciò avviene perchè ciascun elemento di questa corrente si decompone in due elementi uno verticale e l'altro orizzontale; le azioni della corrente terrestre su gli elementi orizzontali si distruggono, in modo che le azioni su gli elementi verticali concorrono per menare il piano del cerchio nella posizione indicata. (Fig. 169).

364. Questi fatti e molti altri consimili possono considerarsi come conseguenze della ipotesi immaginata dal signor Ampère sulla costituzione delle calamite prima che questi fatti fossero stati conosciuti. Questa ipotesi in vece di supporre che il magnetismo sia dovuto alla separazione dei due fluidi, l'attribuisce a delle correnti elettriche che si muovono intorno alle particelle; queste correnti le suppone essere in tutt'i corpi sensibili al magnetismo; in un corpo allo stato naturale le correnti si agirano in tutte le direzioni intorno ad una medesima particella.

L'effetto della calamitazione sarebbe quella di dare a tutte queste correnti le direzioni tendenti al parallelismo, e in

cui le azioni concordanti sulle correnti esteriori danno spiega delle attrazioni e ripulsioni magnetiche. Così l'influenza di una corrente voltaica energica perpendicolare ad un ago di acciaio potrebbe produrre questa magnetizzazione, mediante le sue azioni attrattive e repulsive sulle correnti elettriche delle particelle. Un ago di acciaio così calamitato possederebbe una forza coercitiva che si opporrebbe, acciò le correnti particolari riprendessero la loro antica direzione, qualora la corrente influente sarebbe allontanata; ma nel ferro dolce non essendovi questa forza coercitiva, le correnti riprenderebbero le loro direzioni varie, qualora le azioni esteriori cessano, e il ferro rientrerebbe nel suo stato naturale. L'influenza delle calamite per calamitare altri corpi sarebbe la stessa di quella delle correnti esteriori. In questa nuova maniera di ravvisare i fenomeni magnetici la terra somministrerebbe le correnti elettriche; potendosi considerare, in generale, la sua azione influente in tutti gli sperimenti elettro-dinamici, se non come motore principale, almeno come atto a modificare i movimenti o le posizioni di equilibrio determinate da altre cause; or queste correnti terrestri sarebbero quelle che diriggerebbero l'ago calamitato, e che produrrebbero nei minerali e negli oggetti di ferro tutt'i fenomeni della magnetizzazione in apparenza spontanei; le variazioni della declinazione e dell'inclinazione potrebbero dipendere da cangiamenti periodici di temperatura ai quali corrisponderebbero le differenze d'intensità nelle correnti terrestre; l'aurora boreale avrebbe un'origine elettrica, e la sua influenza sull'ago calamitato dipenderebbe da azione elettrica.

Questa ipotesi, non deve riguardarsi, che come un mezzo di coordinare i fatti del magnetismo con quelli relativi all'azione scambievole delle calamite e delle correnti; ma la maggior parte delle scoverte fisiche alle quali ha dato luogo in questi ultimi tempi li hanno data una maggiore importanza; talmentechè molti fisici la riguardano come la spiega reale dei fenomeni che essa abbraccia; ed è servita di principio per

cercare e stabilire nuovi fatti, che sarebbe stato difficile sospettarne l'esistenza altrimenti; e ammettendo questa ipotesi somministrata dai primi esperimenti elettro-magnetici, il signor Ampère fu condotto a scovrire e studiare l'azione scambievole delle correnti voltaiche.

Ciò che vi è di reale in questa ipotesi consiste unicamente in un naturale legame tra i fenomeni numerosi del magnetismo e dell'elettricità: il che stabilisce l'identità che trovasi sotto certe condizioni tra le azioni delle calamite e quelle delle correnti voltaiche, facendo dipendere queste azioni dalla medesima causa. Al contrario quantunque questi nuovi fenomeni non sono causati in minima parte, nè possono ricevere spiegazione per mezzo dell'ipotesi dei due fluidi magnetici, il che ha fatto perdere tutta l'importanza a questa ipotesi; pure non si può negarli una semplicità, e sopra di ogni altro un rigore di definizione, che non ha di comune coll'idea delle correnti. Una corrente voltaica la cui esistenza è manifesta mediante l'azione che esercita sull'ago calamitato è uno stato di movimento della materia elettrica, ch'è impossibile di definirlo, e nemmeno di concepirlo; dappoichè bisogna immaginare che i fluidi elettrici positivo e negativo camminino in senso opposto l'uno dell'altro sulla stessa linea, senza neutralizzarsi nè mettersi in riposo, e che masse considerevoli di questi fluidi contrari, sono così trasportate a grandi distanze per dar luogo ad effetti fisici e chimici! Questo è un mistero a cui le ricerche dei fisici hanno in mira di penetrare.

365. Il Signor Ampère ha provato coll'esperienza che gli effetti prodotti sull'ago calamitato mediante l'influenza di un disco di rame che fece muovere al di sotto di esso, erano ugualmente prodotti da questo stesso disco in movimento sur un conduttore mobile conformato a spira; ma quantunque questa somiglianza di azione fosse una nuova pruova in favore dell'ipotesi del signor Ampère, pure bisognava scovrire nuovi fenomeni per dimostrare tutt'i fatti relativi

al magnetismo in movimento. Il Signor Faraday, adottando l'idea dell'origine elettrica nelle calamite, e cercando di farli produrre tutt'i fenomeni voltaici, immaginò di sperimentare se una corrente che percorreva per un conduttore, poteva o no far nascere per influenza una corrente analoga in un conduttore vicino; ed ecco i risultati ottenuti.

Dispose sopra un cilindro di legno due fili metallici di qualche centinaio di piedi di lunghezza in modo da formare due spire parallele molto vicine tra loro, e bene isolate per l'interposizione di un tessuto di seta; fece comunicare gli estremi di uno di questi fili con i poli di una energica pila, e quelli dell'altro con le estremità del filo di un galvanometro; osservò una leggiera deviazione dell'ago calamitato nel momento che la corrente voltaica cominciò a percorrere il primo filo; in seguito l'ago si rimise al zero di deviazione, e vi stette finchè il circolo voltaico si tenne fermo; e quando interruppe la corrente osservò una deviazione in senso inverso della prima. Il senso di queste deviazioni l'indicò nel filo del galvanometro una corrente di direzione contraria alla corrente voltaica vicina qualora questa principiò ad agire; e di direzione simile nel momento che cessò; e nel tempo che durò la corrente il galvanometro non manifestò alcun effetto. Avendo sostituito al galvanometro una spira metallica avvolta sopra un tubo di vetro nel quale situò un ago non calamitato le correnti passeggiere che si manifestarono nel filo per influenza, negli istanti in cui la corrente voltaica principiò e finì nel primo filo, produssero la magnetizzazione dell'ago posto nel tubo di vetro sì nell'istante in cui si stabilì la comunicazione con i poli della pila, che nell'atto che s'interruppe; avendo trovato magnetizzato l'ago che ritirò, prima dell'interruzione di questa comunicazione, e magnetizzato quello che introdusse dopo che la comunicazione fu stabilita, e che ritirò dopo averla interrotta: val quanto dire la magnetizzazione avvenne tanto nell'atto della comunicazione, quanto nell'atto dell'interruzione; soltanto la po-

sizione dei poli nell'ago la trovò inversa nei due casi. Dippiù avendo situato l'ago nella spira dopo effettuata la comunicazione con i poli della pila, e ritiratolo prima che questa comunicazione si fosse interrotta non ravvisò alcuna magnetizzazione. Questi fatti non fanno che convalidare i precedenti.

Allorchè due fili metallici bastantemente lunghi si dispongono a zigzag e paralleli su due tavolette di legno situate in modo che si possono avvicinare o allontanare l'uno dall'altro; se le estremità di uno di questi fili comunicano con i poli di una pila, e le estremità dell'altro con quelle del filo di un galvanometro, si osserva che nel ravvicinare i fili l'ago del galvanometro è deviato in modo da indicare una corrente nel filo che l'è in comunicazione, contraria a quella che percorre nel filo conduttore; quando si lasciano i fili alla stessa distanza l'ago ritorna al zero di deviazione; e finalmente se si allontanano si osserva una nuova deviazione nell'ago inversa della prima, il che indica una corrente nel filo che comunica col galvanometro nella stessa direzione di quella che è nel filo che comunica colla pila. Perciò resta conchiuso che qualora una corrente voltaica comincia o cessa di percorrere in un conduttore, la sua influenza ha il potere di far nascere nei conduttori vicini le correnti passaggiere di direzioni o contrarie alla sua, o della medesima direzione; e se in un conduttore percorre una corrente voltaica e se li avvicina o allontana un altro conduttore esso fa nascere in quest'ultimo conduttore una corrente inversa o diretta. Il signor Faraday ha chiamate queste correnti passaggiere col nome di *correnti per induzione*. Or questa legge generale essendo stabilita riesce facile spiegare le correnti prodotte dall'influenza delle calamite, riguardando il magnetismo come dovuto a correnti particolari. A questo modo la formazione delle correnti per induzione, l'influenza voltaica di una calamita mobile nelle vicinanze de' corpi conduttori e del ferro dolce, e il magnetismo in movimento formano una sola teorica fisica

legata all' elettro-dinamica e al magnetismo propriamente detto, mediante l' ipotesi ingegnosa e feconda del signor Ampère.

366. Oltre le cagioni precedenti atte a produrre le correnti elettriche ve n'è una da noi menzionata precedentemente che crediamo esporla con più dettaglio in questo luogo, sì per dar ragione de'suoi effetti in molti sperimenti, che per far conoscere molti apparecchi le cui applicazioni si moltiplicano ogni giorno; questa causa è la propagazione del calorico nelle sostanze metalliche.

Il Signor Seebeck dimostrò che la semplice differenza di temperatura tra gli elementi di un circuito metallico bastava per produrre le correnti in questo circuito. Questi fenomeni che si sono distinti col nome di fenomeni *termo-elettrici* possono studiarsi facilmente mercè il galvanometro. L'apparecchio di cui si servì Seebeck consiste in un cilindro di antimonio o di bismuto B (Fig. 170) alle cui basi saldò una lamina di rame SMS', che nella sua parte media M è inviluppata da una stoffa di seta, per potersi prendere senza scaricarne il fluido elettrico sviluppato. Allorchè tutto il circuito è alla medesima temperatura, non si ha nessun segno di elettricità; ma se si riscalda una delle saldature per esempio S, si osserva una corrente elettrica diretta in un senso, e si osserverà in senso opposto se si riscalda l'altra saldatura S'. Che se poi sono ridotte le due saldature alla stessa temperatura, non si ravvisa alcuna corrente, ma se in seguito si raffredda una più dell'altra la corrente si anima. Questo dimostra chiaramente che alla diversa temperatura delle saldature devesi attribuire la produzione delle correnti.

Il Signor Becquerel ha provato che i fenomeni termo-elettrici dipendono da una ineguaglianza di movimento del calorico, nel traversare che fa le diverse parti del circuito. Poichè saldando tra loro le due estremità di un filo di platino formandone un circuito di un solo metallo, se si riscalda in uno de'suoi punti qualunque, non si ha alcuna corrente; ma

se si fa un nodo in qualche sito del filo, e si riscalda in prossimità di questo nodo, si osserva una corrente, che non può esser prodotta da altro, se non che da una differenza nella propagazione del calorico attraverso il filo lateralmente al punto riscaldato. Se il circuito è formato da due fili uno di ferro e l'altro di rame, saldati ai loro estremi in S ed R, e la saldatura S (Fig. 171) e le parti adiacenti vengono immerse in un bagno di mercurio, che ha una temperatura più elevata della saldatura R, si avrà una corrente la cui intensità varia con la differenza di queste temperature. Se si riscalda la saldatura S applicando il fuoco ad un punto del circuito situato ad una piccola distanza, ma successivamente sulla parte ferro e sulla parte rame la corrente è nel medesimo senso e della stessa energia nei due casi, purchè la temperatura in S sia la stessa. Questi sperimenti provano che le correnti termo-elettriche dipendono unicamente dalle temperature prodotte alle superficie stesse di contatto tra i metalli; dappoichè si manifestano ugualmente nel gas idrogeno secco, perciò non possono esser prodotte da azione chimica esercitata dall'ossigeno o dai vapori acquosi dell'aria atmosferica.

Allorchè si saldano alle estremità del filo di un galvanometro una coppia anche saldata di due metalli differenti, e quest'ultima saldatura si porta a diverse temperature, l'energia della corrente è in generale, fra certi limiti, proporzionale alla temperatura; ma per certi metalli saldati esposti ad elevate temperature la legge non ha luogo. Per esempio allorchè le lamine metalliche sono di ferro e rame, la legge di proporzionalità rimarrà, senza allontanarsene sensibilmente, fino a che la temperatura della saldatura non oltrepassa 140° centigradi; al di là l'energia della corrente a principio aumenta con minor rapidità della temperatura e in seguito diminuisce, talmentechè è appena sensibile a 300°; ad una temperatura alquanto più elevata non si manifesta più corrente e a temperatura anche più alta cambia di direzione.

367. Per riconoscere le intensità relative delle correnti elet-

triche prodotte da differenti coppie di metalli, allorchè si assoggettano lé loro saldature ad una stessa temperatura, il signor Becquerel immaginò di saldare per i loro estremi alcuni fili di ugual diametro di tutt'i metalli che volle provare, riunì in seguito questa catena con le estremità del filo di un moltiplicatore; àssoggettò successivamente ciascuna saldatura alla temperatura di 20°, mantenendo tutte le altre a 0°. Questa disposizione rendendo costante la conducibilità del circolo, rese comparabili le energie delle correnti ottenute e i risultati numerici somministrati da queste sperienze hanno fatto stabilire dal signor Becquerel il principio seguente.

Se un filo metallico è riscaldato ad una delle sue estremità si ha scomposizione del fluido naturale; le particelle che ricevono direttamente l'azione del fuoco si caricano di elettricità positiva e respingono l'elettricità negativa in tutt'i sensi; le particelle poste in seguito, che si riscaldano a spese delle prime s'impadroniscono dell'elettricità positiva e respingono l'elettricità negativa; in modo che si opera in tutta l'estensione del filo un seguito di decomposizioni e ricomposizioni del fluido naturale; talmentechè il fluido positivo successivamente ceduto da una molecola alla susseguente cammina dall'estremità calda all'estremità fredda, e il fluido negativo percorre una strada opposta. Qualora questo movimento dei fluidi elettrici si può continuare in un circolo compiuto, deve risultarne evidentemente una corrente somigliante a quella della pila e diretta nello stesso senso della propagazione del calorico nel metallo; l'energia di questa corrente si chiama *potere termo-elettrico* del metallo assoggettato all'esperimento. Questo potere varia da un metallo in un altro, per la stessa differenza di temperatura; per uno stesso metallo essa aumenta col riscaldamento, ma non segue la stessa legge per tutt'i metalli; di modo che per due riscaldamenti molto lontani può succedere che le differenze nei poteri termo-elettrici de due metalli avessero segni contrari.

Qualora due metalli sono riscaldati nella loro saldatura, o alla loro superficie di contatto, mentrechè le altre parti conservano una temperatura costante, e che così riuniti costituiscono un circolo metallico in cui non concorra altra causa capace di sviluppare elettricità, il riscaldamento della saldatura mette in attività il potere termo-elettrico dei due metalli contigui; perciò due correnti contrarie tendono a stabilirsi, e l'energia della corrente osservata non è che la differenza de' poteri termo-elettrici; questa differenza potendo cambiare di segno col grado di riscaldamento, perciò la corrente osservata può cambiare ugualmente di direzione. In tutt' i casi la corrente partirà per traversare il filo del galvanometro dal metallo di cui il potere termo-elettrico è maggiore; in modo che considerando la coppia dei due metalli come una pila, il metallo il cui potere termo-elettrico è più debole rappresenterà il polo negativo, e l'altro il polo positivo.

368. Formando con fili di differenti metalli saldati insieme alcuni circoli galvanometrici e riscaldata una saldatura a 20°, tenendo le altre a 0°, ed osservando le direzioni delle correnti, si deduce che i metalli vanno classificati per le loro proprietà termo-elettriche nell'ordine seguente, bismuto, platino, piombo, stagno, rame, oro, argento, zinco, ferro, e antimonio; e ciascuno di questi metalli viene elettrizzato positivamente allorchè si trova accoppiato con uno dei metalli che lo precedono, e negativamente qualora e saldato con uno dei metalli che lo seguono. Per esempio il ferro e il rame riscaldati nella saldalura a 20.° la corrente li traversa dal rame al ferro, o nel circolo galvanometrico dal ferro al rame, come se il ferro toccasse il polo positivo e il rame il polo negativo di una pila. Dietro i principii teoretici del signor Becquerel, i corpi classificati precedentemente seguono l'ordine crescente del loro potere termo-elettrico.

Le sperienze che il signor Becquerel ha fatto sulla catena dei metalli differenti dianzi da noi descritta, li ha sommini-

strato le differenze tra i poteri termo-elettrici di questi metalli, mediante il riscaldamento a 20.° di una sola saldatura; in queste circostanze l'argento, l'oro, lo zinco, e il rame hanno presso a poco lo stesso potere termo-elettrico, essendo più grande quello del ferro; e osservando che queste stesse relazioni vi sono fra i poteri d'irraggiare il calorico, che questi metalli possedono, ha stabilita l'ipotesi dell'identità dei rapporti fra questi due generi di poteri, in modo che determinato il potere termo-elettrico di un solo, per esempio del ferro, se ne possono dedurre tutti gli altri mediante le differenze osservate.

369. Le considerazioni precedenti bastano per mostrare che il principio teoretico stabilito dal signor Becquerel spiega esattamente la diversità dei fenomeni termo-elettrici che si osservano nei circuiti metallici formati da più metalli. Questo principio suppone che una particella ponderabile riscaldandosi, con ricevere il calorico da una particella vicina, prende da questa l'elettricità positiva, e li trasmette l'elettricità negativa; una quantità di fatti sono in favore di questa ipotesi, tale è fra gli altri questo risultato costante; che due corpi della stessa natura ma a differenti temperature, strofinati o compressi l'uno contro l'altro, il più riscaldato si elettrizza negativamente e il meno riscaldato positivamente: questo ed altri fatti anche più patenti danno una grande probabilità a questa supposizione. Daltronde si può provare con una sperienza diretta che l'estremità libera di un filo metallico si carica di elettricità positiva allorchè si riscalda fortemente.

Un filo di platino posto in un tubo di vetro chiuso ad un estremo, e disposto in modo che la sua estremità scoverta comunichi col piatto inferiore di un elettrometro condensatore a pile secche, mediante un disco di carta umida, nell'atto che il piatto superiore comunica col serbatoio comune; essendo, l'estremità chiusa del tubo circondata da molte spire di un altro filo di platino che con l'altra sua estremità co-

munica col suolo. Se si riscalda fortemente la spirale e la porzione del tubo di vetro che avvolge, mediante una lampada a spirito di vino, si osserva che il piatto collettore si carica di elettricità positiva; il che avviene per la scomposizione del fluido naturale della spirale il fluido negativo dispare nel suolo, e il fluido positivo accumulato nella spira, per l'azione costante del calorico, attraversa il tubo di vetro, reso conduttore per la temperatura acquistata, ed è trasmesso al piatto dal filo di platino interno. In questa sperienza si ha unicamente l'elettricità libera allo stato di tensione, che il calorico accumula nell'estremità calda del filo metallico, al pari che le forze elettromotrici della pila accumulano i fluidi ai suoi due poli non riuniti.

Ma l'esperienza la più decisiva alla quale si possa assoggettare la teorica del potere termo-elettrico consiste nella spiegazione che deve dare delle correnti che si producono in un circuito composto di un solo metallo, allorchè una parte di questo trovandosi più riscaldato, non trasmette il suo calorico con uguale facilità nelle due direzioni. Prima però di esporre i fatti che hanno rapporto a questi fenomeni e cercarne la spiegazione, bisogna riflettere che il principio stabilito conduce a questa conseguenza; che l'energia di una corrente termo-elettrica che tende a stabilirsi in un filo metallico va dalla parte calda alla parte fredda; o che la massa di fluido naturale decomposta e ricomposta fra le particelle è proporzionale alle intensità delle correnti calorifiche che traversano ciascuna sezione del filo, mettendo in giuoco la sua conducibilità interna; in modo che tutte le modificazioni che possono minorare l'intensità di questa corrente calorifica devono ugualmente apportare minorazione all' energia della corrente termo-elettrica. Per esempio se il calorico che si propaga nel filo si disperde in maggior quantità, sia per irraggiamento, sia per maggiore conducibilità esteriore, si trasmetterà in minor quantità da strati a strati, e conseguentemente la corrente termo-elettrica sarà più debole.

370. Un circuito galvanometrico composto di un solo metallo omogeneo, come il platino, allorchè si riscalda mediantè una lampada a spirito di vino in uno de' suoi punti molto distante dalla saldatura che riunisce i suoi estremi, non dà alcun indizio di corrente. Questo risultato si spiega facilmente; la parte riscaldata produce due correnti inverse di uguali intensità i cui effetti esteriori devono essere nulli, dacchè il calorico si propaga ugualmente nel filo a dritta e a sinistra del punto riscaldato; ed è come quando si riscalda la saldatura di due metalli differenti dotati dello stesso potere termo-elettrico. Se si fanno col filo di platino omogeneo del circuito precedente molte spire vicinissime, senza interrompere la continuità di questo filo, e si applica la lampada a dritta o a sinistra di queste spire, si osserva una corrente che va dalla sorgente del calorico alle spire; il che avviene perchè le due correnti termo-elettriche inverse, che partono dai due lati della sorgente non hanno più la stessa intensità; ed è chiaro che la corrente calorifica deve aumentarsi verso la spira dove una maggior massa di metallo si trova accumulata in un piccolo spazio.

Si può avere una corrente termo-elettrica con un circuito composto di un solo metallo il più omogeneo possibile, spezzando questo circuito e formando con gli estremi liberi due spirali, delle quali una si riscalda alla lampada e di poi si poggia sull'altra rimasta fredda; si osserva una corrente che per la maggior parte dei metalli, come il platino, l'oro, l'argento va dalla spira calda alla spira fredda; ma per altri metalli compresi nella classe di quelli che sono facilmente ossidabili come l'antimonio, il ferro, lo zinco, va dalla spira fredda alla calda. Per dar ragione di queste differenze bisogna osservare che la corrente termo-elettrica che tende a stabilirsi nell'estremità del filo riscaldato direttamente, è di già indebolita da un decrescimento meno rapido di temperatura proveniente dal calorico già comunicato alle pareti vicine della spirale riscaldata, nel momento in cui si forma il

circuito; nell'atto che la spirale fredda essendo posta bruscamente in contatto con una sorgente di calore il suo potere termo-elettrico si sviluppa con tutta la sua energia. Dal che segue che se la corrente calorifica che si comunica dalla spirale calda alla spirale fredda è uguale o maggiore di quella che si propaga in senso inverso nel filo riscaldato, il potere termo-elettrico dell'estremità fredda deve esser maggiore, e la corrente anderà dalla spira calda alla spira fredda; ma se al contrario le conducibilità interne ed esterne del metallo sperimentato, sono tali che la corrente calorifica che traversa la superficie di contatto è minore di quella che percorre nelle parti lontane dell'estremità riscaldata, il potere termo-elettrico di quest'ultimo sarà preponderante, e la corrente elettrica osservabile si stabilirà dalla spirale fredda alla spirale calda. Qualora quest'esperienza si fa sur un filo di rame i di cui estremi non sono per niente ossidati non si ha corrente, e ciò dipende dalla gran conducibilità del rame pel calorico, in modo che questo si propaga con una uniformità e facilmente subitochè le due estremità si mettono in contatto. Ma qualora l'estremità riscaldata è ricoverta di ossido, si osserva una corrente che va dalla spirale calda alla spirale fredda.

371. Dal fin qui detto si può stabilire questo principio generale ed è: che tutte le circostanze tendenti a modificare le leggi della propagazione del calorico in un filo metallico, come il cangiamento brusco nella sua natura, densità, elasticità, e posizione nei corpi eterogenei, o nelle fenditure interne ec, tendono a produrre differenze nelle intensità delle correnti termo-elettriche di direzioni opposte, dal che risulta una corrente osservabile. Per esempio allorchè si fa arroventire per un certo tempo una parte di un circuito formato da un filo di ferro, e dopo raffreddato si riscalda il filo in prossimità di questa parte, si osserva quasi sempre una corrente, che dipende dall'alterazione in molte delle

sue proprietà che ha subita quella porzione del filo riscaldata al rosso.

372. Le correnti termo-elettriche differiscono dalle correnti voltaiche e magneto-elettriche da che le prime sono con più difficoltà trasmesse a traverso i liquidi: di fatti una corrente termo-elettrica la più intensa agisce debolmente sul galvanometro allorchè si spezza il circuito, e le sue estremità libere, armate o non armate di lamine metalliche si fanno immergere separatamente in uno stesso vase ripieno di acqua, non ostante che la conducibilità di questo liquido sia accresciuta mediante un acido o un sale; e qualora la distanza tra queste estremità o lamine metalliche è bastante, val quanto dire lo strato di liquido che li separa è di molta spessezza, non si ha indizio di corrente. Questa proprietà negativa dà il vantaggio di separare una corrente voltaica da una corrente termo-elettrica allorchè percorrono un medesimo conduttore. Si dà generalmente il nome di *correnti idro-elettriche* a quelle che non sono arrestate dai liquidi.

L'azione del calorico produce una corrente di molta energia qualora agisce sopra un circuito composto di diversi metalli dotati di poteri termo-elettrici differentissimi. Il signor Pouillet ha formato un termometro termo-elettrico di una grande sensibilità stabilito su questo principio, prendendo due lamine una di bismuto e l'altra di rame saldate per le loro estremità; e disposte in modo che il circuito che formano possa agire in molta vicinanza di un sistema di aghi calamitati; toccando con la mano una delle saldature, gli aghi soffrono grandi deviazioni. Il Signor Nobili ha immaginato altro termometro termo-elettrico composto da molti elementi di due metalli differenti, alternativamente saldati gli uni agli altri; il poligono che essi formano è ripiegato in modo che tutte le saldature d'ordine dispari sono da un lato, e quelle di ordine pari dall'altro lato della massa totale; che ha la forma di un cilindro. Tutti gli elementi sono ricoverti lateralmente da una sostanza isolante, le saldature sole

appariscono libere sulle basi del cilindro. Il tutto è circondato da un tubo di rame, terminato in un lato da una specie di specchio parabolico, e il poligono è interrotto per potersi chiudere il circuito mediante il filo di un galvanometro. Allorchè si gira l'asse dello specchio parabolico verso la sorgente del calorico raggiante, ancorchè debolissima, l'ago del galvanometro è deviato. Questo apparecchio è stabilito sulla proprietà dimostrata per la prima volta dai signori OErstedt e Furier, ed è che qualora si riscaldano da due in due le saldature di un poligono chiuso, composto di elementi di due metalli differenti alternativamente saldati tra loro, mantenendo le saldature intermedie ad una temperatura costante, la corrente multipla che ne risulta aumenta di energia col numero degli elementi; sebbene in una proporzione più debole di questo numero. Il signor Melloni ha perfezionata la pila termo-elettrica, e l'ha resa la più sensibile e la più esatta fra gli apparecchi che si possono adoperare per studiare le leggi del calorico raggiante; dippiù ha dato alcuni processi onde costruire una tavola di graduazione che dà il rapporto esistente tra la deviazione dell'ago e l'intensità della corrente termo-elettrica che l'ha prodotta. »

373. Il signor Melloni ha di recente applicato il suo apparecchio allo studio di una nuova classe di fenomeni, i quali indicano che il calorico raggiante si polarizza come la luce per la riflessione o per la refrazione, e pel suo passaggio attraverso le lamine cristallizzate. La polarizzazione del calorico era stata annunziata dal signor Bérard di Momplier, poi comprovata dai signori Pawell, Melloni, e Nobili, e fu dimostrata in una maniera incontrastabile mediante le sperienze del signor Forbes di Edimburg. Ma le leggi di questa polarizzazione non potevano essere sviluppate se non facendo uso della pila termo-elettrica perfezionata dal signor Melloni.

Il mezzo il più naturale per comprovare la polarizzazione del calorico consiste nel fare attraversare dai raggi che

partono da una sorgente calorifica due lamine di turmalina disposte in modo che i loro assi sieno sussecutivamente parelleli e perpendicolari, e a paragonare le quantità di calorico da cui sono attraversate in queste due posizioni diverse; qualora di queste due quantità la seconda è minore della prima si deve conchiudere che il calorico prova in parte, pel suo passaggio a traverso di una delle turmaline, una modificazione analoga a quella che subisce la luce, e che rende più o meno facile la trasmissione nell'altra turmalina. Ma acciò questo processo sia al caso di dare risultati precisi e sensibili è necessario accrescere la quantità di calorico raggiante che deve attraversare le lamine cristallizzate, il che si ha mediante un particolare artifizio ideato dal signor Melloni; il quale consiste nell'interporre le due lamine di turmalina tra due lenti di salgemma, situate ad una distanza tra loro corrispondente alla somma delle loro distanze focali (Fig. 172) ed eccone la descrizione: Uno specchio concavo AB riflette parallelamente i raggi calorifici di una fiaccola situata nel suo fuoco, questi raggi paralleli s'imbattono sur una delle due lente CD che ha un'apertura di circa 10 centimetri, la quale rende convergenti i raggi, questi dopo la loro intersegazione nel suo fuoco cadono divergenti sul sistema delle turmaline E ed F, traversano in parte questo sistema e vanno a colpire sulla seconda lente MN di un'apertura di circa 4 centimetri, dalla quale vengono refratti in direzione parallela all'asse della pila termo-elettrica. Questo mezzo di concentrare i raggi del calorico raggiante è molto energico da poter far deviare l'ago del galvanometro di 60° ad 80°; ma si può minorare quest'effetto ravvicinando la piccola lente MN alle lamine di turmalina il che rende più o meno divergenti i raggi che vanno verso la pila. Per cambiare facilmente la posizione relativa delle due lamine, sono adattate sul fondo di due tamburi soprapposti de'quali uno è fisso e l'altro è mobile; certi segni fatti su'i loro bordi servono di guida per ridurre gli assi di cristallizzazione paralleli o per-

pendicolari. Il vase formato da questi due tamburi è incastrato ad un'altezza conveniente in un'apertura circolare fatta sulla faccia anteriore di una cassa metallica che ricovre la pila, e questo inviluppo ha per oggetto di evitare le correnti di aria, e di allontanare qualunque azione calorifica estranea.

Il signor Melloni avendo operato su molte coppie di turmaline di diversi colori, le quali godevano la proprietà di ammortire quasi compiutamente la luce la più intensa, qualora i loro assi di doppia refrazione erano perpendicolari; e avendo assoggettata ciascuna coppia alla stessa influenza calorifica, e disposto i loro assi di cristallizzazione prima paralleli, e dopo perpendicolari tra loro, ha osservato una differenza nelle deviazioni prodotte dall'ago, dal che ha conchiuso che le due quantità di calorico refratte erano ineguali, e costantemente era maggiore qualora gli assi erano disposti paralleli tra loro, questa differenza espressa in centesimi della prima quantità, e ciò che il signor Melloni ha chiamato indice di polarizzazione della coppia di turmalina sperimentata, in rapporto al calorico che colpisce questa coppia. Il Signor Melloni variando e modificando questi sperimenti ha dedotto le conclusioni seguenti. I raggi calorifici di diversa specie, irraggiati sì da una stessa sorgente che da sorgenti differenti sono diversamente modificati nelle turmaline; per talune i segni di polarizzazione sono deboli, per altre sono paragonabili a quei che danno luce. Certe coppie di turmaline verdi estinguono i raggi calorifici i più polarizzabili, e danno passaggio a quei per i quali i segni di polarizzazione sono appena sensibili; altre coppie di turmalina gialla si lasciano attraversare da una gran quantità di raggi della prima specie, offrendo un indice di polarizzazione sensibilissimo. Quest'indice di polarizzazione varia molto per una medesima coppia qualora viene assoggettata a differenti sorgenti calorifiche.

Se nell'apparecchio descritto di sopra si tolgono le turmaline, e in posizioni determinate dietro la seconda lente si situano due colonnette di lamine sottilissime di mica, o

di vetro colorito, o di allume, o due boccette contenente acqua pura, o acqua in cui vi siano disciolti alcuni sali; come pure a traverso di un cristallo dotato di doppia refrazione si rimarcheranno nei raggi calorifici le stesse proprietà de' raggi luminosi. Questa identità costituisce una delle scoverte le più importanti della fisica moderna; ed essa si trova attaccata alla teorica dell' elettricità per la natura dell'apparecchio, che è il solo che l'ha potuto stabilire.

374. Il signor Becquerel si è servito di un termometro per paragonare le temperature, fatto da un circuito di due fili di metalli diversi più o meno lunghi saldati insieme, avvolti in parte sul quadro di un galvanometro; le due porzioni esteriori dei due fili sono ricoverte da una sostanza isolante come gomma lacca, vetro, o porcellana, eccetto le saldature che rimangono libere; e a questo modo potè riunire i due fili parallelamente senza inconveniente. Così accomodato situò una delle saldature in un mezzo la cui temperatura era conosciuta, e l'altra nel punto che voleva esplorare, avendo pria graduato il galvanometro; la grandezza e il senso della deviazione l'indicò la differenza di temperatura delle due saldature, e conseguentemente la temperatura che voleva esplorare. I due metalli in questo sperimento devono prescegliersi in modo, che le forze galvanometriche corrispondenti alle deviazioni dell'ago possono riguardarsi come proporzionali alle differenze di calorico che si è proposto di osservare. Così se si tratta di temperature basse si può impiegare il ferro e il rame, i cui poteri termo-elettrici sono dissimilissimi, e sono quei metalli usati per istudiare le variazioni di temperatura nei differenti strati sì di una massa di acqua profonda, come han fatto i Signori Becquerel e Breschet sul lago di Ginevra, che dell'atmosfera come hanno fatto molti altri Fisici. Se poi si tratta di misurare alte temperature bisogna che i due fili abbiano un potere termo-elettrico quasi uguale, e si può impiegare il platino e il palladio come ha fatto lo stesso Becquerel volendo para-

gonare le temperature dei differenti punti di una fiamma, e quelli di un forno da porcellana.

Siccome l'esattezza dei risultati ottenuti mercè questo strumento dipende in gran parte dalla esattezza della sua graduazione, e dall'attenzione che si è avuta nella costruzione della tavola che dà le forze o le energie delle correnti termo-elettriche che producono le differenti deviazioni nell'ago del moltiplicatore; perciò è opportuno esporre il processo indicato dal signor Becquerel per effettuare questa graduazione. Dopo aver scelti i metalli che convengano accoppiarsi, se ne compongono quattro circuiti simili, che si fanno circondare da una sostanza isolante, per poterli riunire in un fascio ed avvolgerli al quadro di un galvanometro; le parti di questi circuiti che sono al di fuori del quadro sono separate, e devono contenere tutte le saldature. Le due saldature di ciascuno circuito rinchiuse separatamente in tubi di vetri ricurvi; devono disporsi in modo che una di esse possa assoggettarsi in un vase che contenga giaccio fondente, e l'altro in un bagno di mercurio munito di un termometro, quale bagno si può riscaldare con una lucerna a spirito di vino postovi di sotto. Disposto così il tutto, si mette in attività un solo circuito, lasciando inerti, o in una temperatura uniforme le parti degli altri tre, questo produrrà una forza galvanometrica, che si fa rappresentare dall'unità, per una data temperatura del bagno. Se si rendono attivi due circuiti mediante la stessa differenza di temperatura, si avrà una forza doppia; finalmente si avrà una forza tripla, o quadrupla, se vi si assoggettano tre circuiti, o tutti quattro; or dunque le deviazioni osservate nel galvanometro corrisponderanno in questi quattro sperimenti a forze che saranno tra loro come i numeri 1, 2, 3, 4. Ripetendo queste sperienze elevando successivamente la temperatura del bagno, si potranno percorrere tutte le deviazioni comprese in un quadrante, e assegnarli i rapporti di energia delle correnti, che li producono.

Costruita la tavola, si potrà, se si crede necessario, disfare l'apparecchio per rimontarlo con un solo circuito, che faccia lo stesso numero di giri sul quadro del galvanometro; le spire di questo circuito unico occupando sul quadro le stesse posizioni che quelle del fascio primitivo i risultati delle osservazioni potranno essere facilmente espresse, per mezzo della tavola, in unità di forze galvanometriche; per tradurli in seguito in gradi di temperatura, basta determinare, mediante una sperianza diretta, la forza corrispondente ad una data differenza di temperatura delle due saldature, presa per unità.

375. I fatti precedentemente esposti c'istruiscono del modo come avvengono le correnti elettriche in un circuito composto da più metalli, qualora le temperature delle saldature sono rese ineguali; i fatti susseguenti ci dimostrano che le correnti elettriche provenienti da tutt'altra causa, attraversando lo stesso circuito producono differenze di temperatura nelle saldature del circuito dei metalli. Questi effetti inversi risultano da sperienze fatte dal signor Peltier su correnti voltaiche molto deboli per non riscaldare i metalli attraversati al punto da rendere impossibile ogni processo di misura; ed ecco la descrizione del suo apparecchio. Il signor Peltier misura le temperature delle diversi parti di un conduttore eterogeneo, riunendo i due poli di un semplice elemento voltaico, mediante un termometro termo-elettrico composto da due coppie bismuto e antimonio, riunite con due fili metallici che compiono un circuito galvanometrico. Queste coppie sono disposte in modo che le loro saldature sono ravvicinate in maniera da toccare appena la parte del conduttore interpolare che si vuole esplorare, potendosi riscaldare a spese del calorico prodotto in questo conduttore, e che il riscaldamento di queste due saldature occasionano le correnti termo-elettriche concordanti nel circolo di cui esse fanno parte (Fig. 173). La deviazione dell'ago misura l'energia della corrente multipla, e per conseguenza la tem-

peratura delle saldature, o della parte toccata dal conduttore; le estremità libere delle due coppie, e il resto del circuito sono alla temperatura del luogo, e secondochè l'ago è deviato in un senso o nell'altro, esso indica nel punto esplorato una elevazione o un abbassamento di temperatura. Il circuito di cui fa parte il conduttore eterogeneo assoggettato all'esperienza, comprende una lamina di rame in cui vi è un cerchio graduato che sormonta un ago calamitato, che serve a misurare l'energia della corrente voltaica.

Nell'esaminare l'elevazioni di temperatura in un filo conduttore omogeneo attraversato da una debole corrente voltaica, il signor Peltier riconobbe che questa elevazione di temperatura è la stessa in tutta la lunghezza del filo all'infuori di due o tre centimetri situati verso le estremità, ove è maggiore o minore secondo la natura dei legami o delle punte che ritengono il filo. L'intensità della corrente per un filo della stessa lunghezza cresce colla estensione della superficie immersa dell'elemento voltaico, e se s'impiegano fili di lunghezze differenti, si può riprodurre una corrente della stessa intensità immergendo più o meno l'elemento; or quando questa corrente d'intensità costante si è ottenuta, l'accrescimento di temperatura da essa prodotto nel filo resta lo stesso qualunque sia la sua lunghezza; dal che si deve conchiudere che quest'accrescimento dipende dalla quantità di elettricità che termina di percorrere il circuito.

Ma i risultati più marcabili ottenuti dal signor Peltier, sono le inuguaglianze di temperature osservate dalle punte termo-elettriche alle saldature dei metalli differenti introdotti nel circuito voltaico. Per esporre questi risultati, si è convenuto chiamare *senso diretto* di una corrente termo-elettrica per rapporto ad una saldatura, se essa attraversa la saldatura passando dal metallo il cui potere termo-elettrico è lo più debole, al metallo il cui potere termo-elettrico è più forte; e *senso inverso* nel caso contrario. Ciò posto, il signor Peltier ha costantemente trovato che una saldatura

di due metalli differenti acquista una temperatura sensibilmente più grande da una corrente inversa, che da una corrente diretta della stessa intensità della prima. In modo che paragonata alla temperatura del luogo, quella della saldatura è sempre maggiore sotto la corrente inversa; ma sotto la corrente diretta essa è sovente più debole, questo è ciò che ha luogo per le correnti poco intense, e qualora i metalli accoppiati hanno poteri termo-elettrici differentissimi. Per esempio una saldatura bismuto-antimonio, si riscalda allorchè la corrente è inversa, o che va dall'antimonio al bismuto; e si raffredda al contrario allorchè la corrente è diretta, o che va dal bismuto all'antimonio. Per eliminar ogni dubbio sulla realtà dell'abbassamento di temperatura, marcato in quest'ultima circostanza, sostituì alle punte termo-elettriche un termometro ad aria; fece attraversare per la palla di questo la coppia bismuto e antimonio in modo che la saldatura cadeva nel mezzo di essa, suggellando le pareti degli orifici praticati nella palla con le spranghe metalliche, e facendo immergere il tubo capillare del termometro in un liquido colorato (Fig. 174). Avendo fatte attraversare le coppie da una corrente diretta osservò il liquido elevarsi nel tubo, il che segnò il raffreddamento dell'aria interna, e conseguentemente quello della saldatura.

Dalla legge generale, dedotta da fatti scoverti dal signor Peltier, si comprende che un circuito composto da molti metalli saldati per i loro estremi, venendo attraversato da una corrente voltaica, deve offrire temperature ineguali; riscaldandosi di più le saldature in cui la corrente è inversa, di quelle in cui la corrente è diretta; ed è a riflettersi che questa ineguaglianza di temperatura una volta stabilita tende a produrre una corrente termo-elettrica sempre opposta a quella che percorre forzatamente il circuito. Ma gli effetti di questa corrente contraria sono distrutti dal liquido ove s'immergono gli elementi voltaici, il quale si oppone alla libera circolazione delle correnti termo-elettriche.

L'elettricità che si manifesta nelle azioni chimiche, e reciprocamente il potere che ha l'elettricità in movimento nelle combinazioni e decomposizioni costituisce una sezione distinta col nome di elettro-chimica, che crediamo meglio esporla dopo aver trattate le teoriche delle affinità.

FINE DEL PRIMO VOLUME.

Pag.	v.	ERRORI	CORREZIONI
72	32	$2,^{m}73$	$2^{mm}.73$
112	28	$387 \times 1,05437 = 480^{m}$	$387^{m} \times 1,05437 = 408$
113	12	730^{m}	730^{mm}
	18	di 430	da 430
	19	di 410	da 410
117	14	di densità	d'intensità
118	17	calolorico	calorico
123	22	del giacchio	del ghiaccio
122	11	riscnmo	risentiamo
123	22	del giacchio	del ghiaccio
128	Tav. v. 3	0.60000871	0.00000871
128	3	giacchio	ghiaccio
134	3	il loro volume per 100	il loro volume per 1000
	Tav. v. 3	31,02	34,02
	Tav. v. 15	0.55	5,55
136	12	Gas-Lussac	Gay-Lussac
140	26	fondesi	formasi
143	4	Wedzevood	Wedgwood
	12	di $12\frac{1}{2}^{m}$	di $12\frac{1}{2}^{mm}$
	14	di $7\frac{1}{2}^{m}$	di $7\frac{1}{2}^{mm}$
144	9	orgiuolo	crogiuolo
	31	un acido solforico	dell'acido solforico
153	Tav.	fra 0° e 300 fra 0°, e 100	fra 0.° e 100, ° fra 0.° e 300°.
154	Tav.	a quasi uguali	a pesi uguali
	Tav. v. 3	idrigeno	idrogeno
	Tav. v. 9	Gas	Gas olefico
	Tav. v. 10	Giapone	Vapore
155	12	si volge	si svolge
158	16	di u na	in una
160	23	per quella della	di quella nella
167	33	di refrazione	refrangente
168	20	del vuoto	nel vuoto
173	7	il raggio BI	il raggio BT
175	12	angoli formano	angoli refrangenti formano
	16	angoli occupano	angoli refrangenti occupano

175	26	per la maggior parte gli.................	nella maggior parte degli....
177	12	che è molto........	è molto...................
182	6	dell'angolo OKC....	dell'angolo OMC...........
187	12	cònvesso MAN......	convesso MAN (Fig. 84)....
	13	l'asse PC..........	l'asse BC.................
190	10	dal primo:.........	dal prisma................
192	17	incandescenti......	iridescenti...............
193	28	a colpire la........	ad uscire dalla............
294	15	ineidenti percorsò...	incidenti e da quello percorso
197	7	e in una...........	ed è una..................
106	6	che la luce si emette.	che la luce che si emette.....
n08	9	massa della........	massa e della..............
214	13	conica S...........	comune L..................
218	2	alla divisione.......	alla visione...............

Tav. I.
Fig. 1.
L
M
N
O
A
B
C
Q
B
C
Fig. 6.
A
P
G
B
P
S
Fig. 8.
O
Q
Q
P
C
R
13.
X
R
Fig. 14.
G
O
F
R
A
A

Tav. II.
A
H
19.
B
G
F
D
M
N
E
H
G
L
Fig. 24.
C
F
D
A
B
Fig. 26.
C
F
F'
A
B
S
T
R

D
B
C
C
32.
P
Fig 33.
Fig 34.
G
H
I
R
G
G
V
Fig.39.
Fig
A
A
L
Fig
B
C

Tav IV.
B
H
E
E'
I
F
N'
R
T
K
M
Q
C
Fig. 40
M
K
Fig. 45
A
B
Fig. 50
P
P'
C
D
Fig. 61
Fig. 60
Fig. 56

Tav. V.
Fig. 62.
Fig. 64.
Fig. 67.
Fig. 66.
Fig. 71.
Fig. 69.
Fig
30 20 10 0 0 10 20 30 40
T
A
D
B
C
R
H
G
E
F
N
S
L

Fig.ª 83
Fig.ª 88
Fig.ª 89
Fig.ª 90
Fig.ª 84
Fig.ª 87
Fig.ª 95
Fig.ª 96
Fig.ª 91
Fig.ª 93
Fig.ª 102
Fig.ª 97

Fig. 106

Fig. 109

Fig. 106 bis

Fig. 113

Fig. 119

Fig. 118

Fig. 130

Fig. 120

Fig. 129

Fig. 123

Fig. 132

Fig. 133

Fig. 134
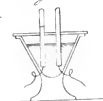
Fig 135.
Fig 139.
Fig 140.
Fig 141.
Fig 146.
Fig 147.
Fig 148.
Fig 149.
Fig 157.
C'
C
T'
T
V
S
U
S
Fig 158.
E
F
E
O
Fig 161.
Fig 162.
Fig 163.
E
O
E
O
E
O'
L
K
Fig 164.
E'
O'
L
K
Fig 166.
C
A
D
B
Fig 173.
Fig 174.